

TUGAS AKHIR - TE 14 1599

**Konstruksi Diagram Ladder dengan Metoda Cascade untuk
Seleksi dan Perakitan Part pada Plant “Dual Conveyor”
Merk Feedback**

**Rafly Adiyat
NRP 2212 100 195**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar ST.,MT.**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - TE141599

Konstruksi Diagram Ladder dengan Metoda Cascade untuk Seleksi dan Perakitan Part pada Plant “Dual Conveyor” Merk Feedback

Rafly Adiyat
NRP 2212 100 195

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar ST.,MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - TE 141599

***Ladder Diagram construction with Cascade Method for
the Selection and Part Assembly in " Dual Conveyor "
Plant of the Feedback Brand***

Rafly Adiyat
NRP 2212 100 195

Supervisor
Dr. Ir. Mochammad Rameli
Eka Iskandar ST.,MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “***Konstruksi Diagram Ladder dengan Metoda Cascade untuk Seleksi dan Perakitan Part pada Plant “Dual Conveyor” Merk Feedback***” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 05 Juni 2017

Rafly Adiyat
NRP 22 12 100 195

--halaman ini sengaja dikosongkan--

**KONSTRUKSI DIAGRAM LADDER DENGAN METODA
CASCADE UNTUK SELEKSI DAN PERAKITAN PART PADA
PLANT "DUAL CONVEYOR" MERK FEEDBACK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Mochammad Rameli
NIP. 1954 1227 198103 1 002

Dosen Pembimbing II



Eka Iskandar, ST., MT.
NIP. 1980 0528 200812 1 001



--halaman ini sengaja dikosongkan--

Konstruksi Diagram Ladder dengan Metoda Cascade untuk Seleksi dan Perakitan Part pada Plant “Dual Conveyor” Merk Feedback

Nama : Rafly Adiyat
Pembimbing I : Dr. Ir. Mochammad Rameli
Pembimbing II : Eka Iskandar, ST., MT.

ABSTRAK

Dalam dunia Industri saat ini penggunaan conveyor sudah sangat umum kita jumpai dalam berbagai macam skala industri dimana sebelum ditemukannya conveyor proses pemindahan barang industri menggunakan tenaga manusia yang memiliki banyak kekurangan. Dengan adanya conveyor yang dapat dikendalikan dengan teknologi otomasi maka proses pemindahan barang pada suatu industri menjadi lebih efisien. Berdasarkan hal tersebut, dimana dalam proses pengendalian conveyor akan digunakan kontroler yang berupa PLC, maka suatu metode diperlukan untuk mengontrol conveyor tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengendalikan conveyor menggunakan PLC adalah metode cascade, dimana metode tersebut berperan dalam menyusun rangkaian ladder diagram pada PLC sehingga proses pembuatan ladder dapat lebih efisien.

Kata Kunci: *Metoda Cascade, PLC, Dual Conveyor, Ladder Diagram*

--halaman ini sengaja dikosongkan--

Ladder Diagram construction with Cascade Method for the Selection and Part Assembly in " Dual Conveyor " Plant of the Feedback Brand

Name : Rafly Adiyat
Supervisor I : Dr. Ir. Mochammad Rameli
Supervisor II : Eka Iskandar, ST., MT.

ABSTRACT

In the world of industry nowadays the use of conveyor is very common we have encountered in various industrial scales where before the invention of conveyor the process of moving industrial goods was using human power that has many deficiencies. With the conveyor that can be controlled with automation technology the process of moving goods in an industry will be more efficient. Based on that, where in the process of controlling the conveyor will be used a controller which is a PLC, then a method is required to control the conveyor and a method that can be used to control the conveyor using PLC is cascade method, where the method plays a role in arranging the circuit of Ladder diagrams on the PLC so that the ladder-making process can be more efficient.

Key Words: Cascade Method, PLC, Dual Conveyor , Ladder Diagram

--halaman ini sengaja dikosongkan--

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya. Shalawat serta salam selalu tercurah kepada Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, dan sahabat serta kita semua selaku umatnya. Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir **“Konstruksi Diagram Ladder dengan Metoda Cascade untuk Seleksi dan Perakitan Part pada Plant “Dual Conveyor” Merk Feedback”** .

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan pendidikan sarjana pada Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Pelaksanaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Dr. Ir. Mochammad Rameli dan bapak Eka Iskandar, ST., MT selaku dosen pembimbing, kepada keluarga, kepada tim tugas akhir *dual conveyor* dan kepada seluruh pihak yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat dan berguna bagi penulis khususnya dan juga bagi para pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

--halaman ini sengaja dikosongkan--

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
LIST OF CONTENT	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Metodologi.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
1.7 Relevansi.....	4
 BAB II TEORI PENUNJANG	 5
2.1 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	5
2.1.1 Komponen PLC.....	5
2.1.2 Pemrograman PLC.....	7
2.2 Bagian-Bagian Sistem Dual Conveyor.....	8
2.2.1 <i>Power Supply dan Interface</i>	8
2.2.2 Bagian untuk Perakitan.....	9
2.2.3 Konveyor.....	10
2.2.4 Part Dispenser.....	11
2.2.5 Sensor.....	11
2.2.6 Detektor Tinggi.....	13
2.2.7 <i>Part Manipulator Flipper</i>	14
2.3 Teori Metoda Cascade.....	15
2.3.1 Langkah-langkah Metoda Cascade.....	15
2.3.2 Contoh Desain ladder diagram Metoda Cascade.....	16

BAB III PERANCANGAN SISTEM	19
3.1 Urutan Kerja Sistem.....	19
3.1.1 Seleksi Part.....	20
3.1.1.1 Tinggi Tidak Sesuai (Reject)	20
3.1.1.2 Tinggi Sesuai Berbahan Plastik	20
3.1.1.3 Tinggi Sesuai Berbahan Metal.....	21
3.1.2 Perakitan Part.....	22
3.1.2.1 Perakitan Part Plastik	22
3.1.2.2 Perakitan Part Metal.....	23
3.2 Pembagian Kelompok Ladder Diagram	23
3.2.1 Seleksi Tinggi Washer (Relay Y1-Y6).....	24
3.2.2 Reject (Relay Y7-Y8).....	27
3.2.3 Seleksi Bahan (Relay Y9-Y10).....	28
3.2.4 Perakitan Washer Metal (Relay Y11-Y14).....	29
3.2.5 Perakitan Washer Plastik (Relay Y15-Y18)	30
3.3 Persamaan Relay dan Memori	32
3.3.1 Persamaan Relay.....	33
3.3.2 Persamaan Memori	39
BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	45
4.1 Proses Implementasi.....	45
4.1.1 Pengkabelan.....	45
4.1.2 Pembuatan Ladder Diagram	47
4.1.2.1 Ladder Diagram Relay	49
4.1.2.2 Ladder Diagram Memori.....	57
4.2 Pengujian Sistem.....	69
BAB V PENUTUP	71
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN A.....	A1
LAMPIRAN B.....	B1
LAMPIRAN C.....	C1
LAMPIRAN D.....	D1
RIWAYAT PENULIS.....	E1

LIST OF CONTENT

TITLE PAGE	i
AUTHENCITY STATEMENT	v
APPROVAL SHEET	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
PREFACE	xiii
DAFTAR ISI	xv
LIST OF CONTENT	xv
LIST OF IMAGE	xvii
LIST OF TABLE	xix
 BAB I INTRODUCTION	 1
1.1 Background	1
1.2 Problem	2
1.3 Scope of Problem	2
1.4 Aim of Project	2
1.5 Methodology	2
1.6 Writing systematic	3
1.7 Relevance	4
 BAB II SUPPORT THEORY	 5
2.1 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	5
2.1.1 Component of PLC	5
2.1.2 PLC Programming	7
2.2 Part of Dual Conveyor System	8
2.2.1 <i>Power Supply and Interface</i>	8
2.2.2 Part for Assembly	9
2.2.3 Conveyor	10
2.2.4 Part Dispenser	11
2.2.5 Sensor	11
2.2.6 Height Detector	13
2.2.7 Part Manipulator Flipper	14
2.3 Cascade Method Theory	15
2.3.1 Cascade Method Steps	15
2.3.2 Cascade Method Ladder Diagram Design Example	16

BAB III SYSTEM DESIGN	19
3.1 System Work Order	19
3.1.1 Part Selection	20
3.1.1.1 Height not Suitable (Reject)	20
3.1.1.2 Suitable Height Made of Plastic.....	20
3.1.1.3 Suitable Height Made of Metal.....	21
3.1.2 Part Assembly.....	22
3.1.2.1 Plastic Part Assembly.....	22
3.1.2.2 Metal Part Assembly	23
3.2 Ladder Diagram Group Division	23
3.2.1 Washer Height Selection (Relay Y1-Y6)	24
3.2.2 Reject (Relay Y7-Y8).....	27
3.2.3 Material Selection (Relay Y9-Y10)	28
3.2.4 Metal Washer Assembly (Relay Y11-Y14)	29
3.2.5 Plastic Washer Assembly (Relay Y15-Y18).....	30
3.3 Relay and Memory Equation	32
3.3.1 Relay Equation.....	33
3.3.2 Memori Equation	39
 BAB IV IMPLEMENTATION AND TESTING	45
4.1 Implementation Process.....	45
4.1.1 Wiring	45
4.1.2 Ladder Diagram Construction.....	47
4.1.2.1 Ladder Diagram of Relay	49
4.1.2.2 Ladder Diagram of Memory.....	57
4.2 System Testing.....	69
 BAB V CLOSURE	71
5.1 Conclusion.....	71
5.2 Suggestion	71
 BIBLIOGRAPHY	73
 APPENDIX A	A1
APPENDIX B	B1
APPENDIX C	C1
APPENDIX D	D1
BIOGRAPHY	E1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Pengodean Input-Output PLC	7
Gambar 2.2 Contoh pemrograman PLC Mitsubishi	8
Gambar 2.3 Interface	9
Gambar 2.4 Base Peg dan Washer	9
Gambar 2.5 Konveyor	10
Gambar 2.6 <i>Chute</i>	11
Gambar 2.7 Sensor	12
Gambar 2.8 Detektor Tinggi	13
Gambar 2.9 Part Manipulator Flipper	14
Gambar 2.10 Contoh rangkaian pneumatik	16
Gambar 2.11 Contoh ladder diagram metoda cascade	18
Gambar 3.1 Gambaran proses kerja pada plant	19
Gambar 3.2 Urutan kerja relay	23
Gambar 4.1 PCB Interface	45
Gambar 4.2 Pengkabelan PLC	46
Gambar 4.3 Hasil pengkabelan	47
Gambar 4.4 Ladder Diagram Y1	49
Gambar 4.5 Ladder Diagram Y2	49
Gambar 4.6 Ladder Diagram Y3	50
Gambar 4.7 Ladder Diagram Y4	50
Gambar 4.8 Ladder Diagram Y5	51
Gambar 4.9 Ladder Diagram Y6	51
Gambar 4.10 Ladder Diagram Y7	52
Gambar 4.11 Ladder Diagram Y8	52
Gambar 4.12 Ladder Diagram Y9	52
Gambar 4.13 Ladder Diagram Y10	53
Gambar 4.14 Ladder Diagram Y11	53
Gambar 4.15 Ladder Diagram Y12	54
Gambar 4.16 Ladder Diagram Y13	54
Gambar 4.17 Ladder Diagram Y14	55
Gambar 4.18 Ladder Diagram Y15	55
Gambar 4.19 Ladder Diagram Y16	56
Gambar 4.20 Ladder Diagram Y17	56
Gambar 4.21 Ladder Diagram Y18	56
Gambar 4.22 Ladder Diagram M1	57
Gambar 4.23 Ladder Diagram M2	58
Gambar 4.24 Ladder Diagram M3	59

Gambar 4.25 Ladder Diagram M4..... 59

Gambar 4.26 Ladder Diagram M5..... 60

Gambar 4.27 Ladder Diagram M6..... 60

Gambar 4.28 Ladder Diagram M7..... 61

Gambar 4.29 Ladder Diagram M8..... 61

Gambar 4.30 Ladder Diagram M9..... 62

Gambar 4.31 Ladder Diagram M10..... 63

Gambar 4.32 Ladder Diagram M11..... 63

Gambar 4.33 Ladder Diagram M12..... 64

Gambar 4.34 Ladder Diagram M13..... 64

Gambar 4.35 Ladder Diagram M14..... 65

Gambar 4.36 Ladder Diagram M15..... 65

Gambar 4.37 Ladder Diagram M16..... 66

Gambar 4.38 Ladder Diagram M17..... 67

Gambar 4.39 Ladder Diagram M18..... 67

Gambar 4.40 Ladder Diagram M19..... 68

Gambar 4.41 Ladder Diagram M20..... 69

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Input dan Output PLC.....	48
Tabel 4.2 Output Tambahan.....	48
Tabel 4.3 Timer time on delay.....	48

--halaman ini sengaja dikosongkan--

BAB I

PENDAHULUAN

Tugas Akhir adalah suatu penelitian yang bersifat mandiri yang dilakukan sebagai persyaratan akademik untuk mendapatkan gelar sarjana teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Topik yang dibahas dalam Tugas Akhir ini ialah mengenai Konstruksi Diagram Ladder dengan Metoda Cascade untuk Seleksi dan Perakitan *Part* pada Plant “*Dual Conveyor*” Merk Feedback.

Pada Bab ini membahas mengenai hal-hal yang mendahului pelaksanaan Tugas Akhir. Hal tersebut meliputi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

1.1 Latar Belakang

Penggunaan conveyor sebagai alat bantu untuk memindahkan suatu jenis barang pada berbagai macam industri menjadikan conveyor memiliki peranan yang cukup penting dalam berbagai macam kegiatan industri. Dalam penggunaannya conveyor tidak dapat berjalan sendiri sehingga diperlukan suatu kontroler untuk mengendalikan jalannya konveyor agar sesuai dengan yang dikehendaki oleh penggunanya. Biasanya kontroler yang digunakan berupa PLC dimana PLC tersebut memerlukan pemrograman ladder diagram agar konveyor yang dikontrol dapat berjalan dengan baik. Berdasarkan hal tersebut, dimana dalam proses pengendalian conveyor akan digunakan kontroler yang berupa PLC, maka suatu metode diperlukan untuk mengontrol conveyor tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengendalikan conveyor menggunakan PLC adalah metode cascade, dimana metode tersebut berperan dalam menyusun rangkaian ladder diagram pada PLC sehingga proses pembuatan ladder dapat lebih efisien.

Conveyor adalah suatu sistem elektro mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. Conveyor banyak dipakai di industri untuk transportasi barang yang jumlahnya sangat banyak dan berkelanjutan. PLC adalah sebuah rangkaian elektronik yang dapat mengerjakan berbagai fungsi-fungsi kontrol pada level-level yang kompleks. PLC dapat diprogram, dikontrol, dan dioperasikan oleh operator yang tidak berpengalaman dalam mengoperasikan komputer.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah bagaimana merancang suatu *ladder diagram* dengan metode cascade untuk mengatur *plant dual conveyor* agar dapat bekerja sesuai yang diinginkan yaitu proses seleksi ukuran part, proses seleksi bahan part, dan juga perakitan part.

1.3 Batasan Masalah

Untuk membuat suatu penelitian diperlukan suatu batasan agar penelitian dapat lebih spesifik. Pada Tugas Akhir ini digunakan PLC merk Omron tipe CP1E-E30 sebagai kontroller dan *Plant Dual Conveyor* merk feedback dimana pada plant alat ukur yang digunakan hanya alat ukur tinggi karena tidak terdapat alat ukur lebar *part* yang akan dirakit.

Program ladder yang digunakan adalah CX programmer untuk PLC Omron, Lalu untuk metodenya akan digunakan metode cascade dimana Ladder yang akan dibuat adalah agar plant dapat bekerja sesuai urutan kerja yang terdapat pada modul.

1.4 Tujuan

Tujuan saya menuliskan tugas akhir ini adalah:

- Memahami cara kerja plant konveyor merk feedback
- Memahami cara membuat *ladder diagram* dengan metoda cascade
- Mendesain *ladder diagram* dengan metode cascade untuk mengontrol plant konveyor merk feedback.

1.5 Metodologi

Dalam penelitian Tugas Akhir ini diperlukan suatu tahapan yang merepresentasikan urutan yang harus dilaksanakan agar sesuai dengan tujuan penelitian. Tahapan tersebut ialah sebagai berikut:

a. Studi literatur

Pada tahap ini akan dilakukan kegiatan pengumpulan dan pengkajian hal-hal terkait teori, informasi maupun hasil eksperimen serupa yang dapat dijadikan referensi dalam proses penyusunan tugas akhir ini. Sumber yang dikumpulkan dan dikaji dapat diperoleh melalui berbagai sumber ilmiah seperti diktat, buku, hasil penelitian, maupun jurnal ilmiah yang telah dipublikasikan. Pada studi literatur difokuskan pada modul plant untuk memahami cara kerja plant dan juga buku industrial automation sebagai referensi teori metoda cascade.

b. Identifikasi Plant

Tahap yang kedua ialah memahami cara kerja plant dengan cara menganalisa langsung sensor dan aktuator yang terdapat pada plant. Setelah memahami cara kerja plant lalu tahap selanjutnya adalah mempelajari koneksi PLC dengan plant.

c. Perancangan *ladder diagram*

Setelah mengetahui teori desain *ladder diagram* dan cara kerja plant maka pada tahap ini akan dilakukan desain *ladder diagram* sesuai dengan urutan kerja plant agar plant dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

d. Simulasi dan Implementasi

Setelah melakukan desain *ladder diagram* tahap selanjutnya adalah membuat *ladder diagram* tersebut pada program PLC dan mengimplementasikannya pada plant.

e. Penulisan buku Tugas Akhir

Tahap yang terakhir ialah penulisan laporan/buku Tugas Akhir. Penulisan dilakukan secara intensif bila proses pengujian pada *plant* telah selesai.

1.6 Sistematika Penulisan

Tahap terakhir dari sebuah penelitian adalah penulisan laporan. Pada penulisan laporan/buku Tugas Akhir ini disusun berdasarkan 5 bab, di mana setiap bab berisi mengenai permasalahan dalam penelitian. Bab tersebut ialah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi mengenai latar belakang, permasalahan, pembatasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi pembahasan tugas akhir ini.

BAB II TEORI PENUNJANG

Berisi mengenai konsep dasar dan teori yang mendasari perancangan tugas akhir ini, meliputi pembahasan tentang PLC secara umum, pengenalan bagian bagian plant, dan teori desain *ladder diagram* metoda cascade

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Berisi mengenai perancangan *ladder diagram* metode cascade yang berupa pembagian kelompok relay, persamaan relay dan persamaan memori.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Berisi prosedur pelaksanaan pengujian dan implementasi dimana persamaan yang telah didapat akan dibuat *ladder diagram* nya dan diuji pada *plant*.

BAB V PENUTUP

Berisi mengenai kesimpulan dari penelitian Tugas Akhir dan saran untuk dapat digunakan untuk pengembangan tugas akhir ini untuk lebih lanjut.

1.7 Relevansi

Tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk pengembangan desain *ladder diagram* khususnya metoda cascade sehingga kedepannya dapat diimplementasikan pada *plant* yang lain. Selain itu juga sebagai perbandingan dari metoda metoda yang lain sehingga dapat dilihat perbedaannya antara satu metoda dengan metoda yang lain.

BAB II

TEORI PENUNJANG

Suatu tugas akhir memerlukan teori-teori yang sudah ada sebelumnya untuk dikaji lebih dalam memperkuat argumen penulis. Teori tersebut digunakan untuk membantu penulis dan sebagai dasar dalam membuat suatu tugas akhir.

Pada bab ini terdapat beberapa bahasan yang menjadi landasan untuk merumuskan dan menyelesaikan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini. Pada bagian awal terdapat tinjauan pustaka yang akan membahas mengenai PLC, bagian bagian pada plant, dan teori metoda cascade.

2.1 *Programmable Logic Controller (PLC)*

Sejarah pengembangan PLC dimulai pada decade 1960 dan 1970 saat sebagian industri memakai relay sebagai penghubung dalam pengaturan proses industri. Saat itu kontrol panel dipenuhi dengan banyak relay dan pengkabelan yang seringkali sebuah kontrol panel dari proses industri bias memenuhi dinding ruangan dengan kabel dan relay. Jika terjadi kesalahan konfigurasi logika ataupun kerusakan relay maka perlu dilakukan pembongkaran kontrol panel yang mengharuskan penghentian proses industri dan produksi tentunya.

Berbagai kekurangan seperti terlalu banyaknya kabel yang terhubung dalam kontrol panel, kesulitan dalam penggantian komponen, kesulitan menemukan error, lamanya waktu perbaikan yang sering kali sulit untuk ditentukan, memberikan inisiatif terhadap pengembangan sebuah controller kompak sebagai penggantinya. Dengan PLC berbagai keuntungan diperoleh baik dari sisi ekonomi maupun teknis.

2.1.1 *Komponen PLC*

Komponen PLC secara umum adalah I/O, CPU dan memori. CPU adalah otak dari PLC, biasanya CPU berupa mikrocontroller seperti mikrocontroller 8051 8-bit, namun saat ini mikrocontroller pada PLC sudah mencapai 32 bit. CPU sebuah PLC juga melakukan komunikasi, interkoneksi antar bagian-bagian PLC, mengeksekusi program, operasi memori. Selain itu Prosesor juga melakukan pengecekan terhadap kerusakan yang terjadi dalam unit PLC, karena itu seringkali PLC dilengkapi dengan indikator untuk

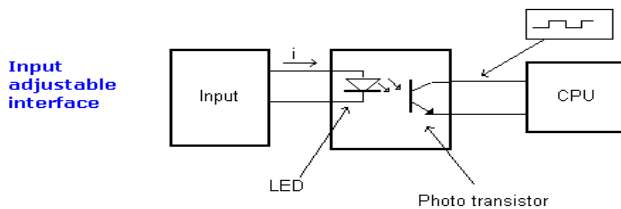
memberitahukan adanya error pada controller. Tugas serupa *general checking* ini membentuk sebuah *routin* yang kompleks dalam CPU PLC.

Memori sistem (saat ini sebagian besar telah menggunakan teknologi FLASH) digunakan oleh PLC setiap melakukan operasi kontrol proses. Selain itu memori ini juga digunakan untuk menyimpan program yang dibuat oleh pengguna yang telah diterjemahkan ke dalam bentuk biner, isi dari memori ini hanya bisa diubah saat program yang ditanam oleh pengguna juga diubah. Sebelum penggunaan teknologi FLASH, PLC menggunakan memori kuno seperti EPROM yang harus dihapus dengan sinar UV tiap kali diinginkan penghapusan atau penggantian program. Dengan teknologi FLASH semua prosedur menjadi sangat singkat.

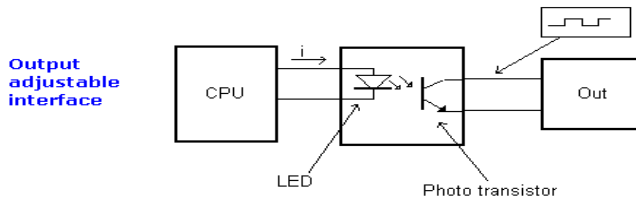
Memori sebuah PLC dibagi dalam beberapa blok dengan fungsi-fungsi khusus seperti status input output dan juga variabel yang disimpan dalam operasi program. Status I/O dinyatakan dalam bentuk biner pada bit tertentu dalam memori yang secara umum setiap input output memiliki bit yang bersesuaian dalam memori PLC. Variabel yang nilainya disimpan dalam memori contohnya adalah timer, counter dan lain-lain.

Kecerdasan dari sebuah sistem otomatis sangat bergantung pada kemampuan PLC dalam membaca berbagai macam sinyal dari perangkat input relay maupun berbagai sensor, sinyal yang dimasukkan ke dalam PC bisa berupa nilai logika ON-OFF atau analog seperti pada sensor. Sebuah PLC ukuran kecil lebih sering hanya dilengkapi dengan input logika ON-OFF atau biasa disebut dengan input digital, pada PLC yang lebih besar sinyal input analog dilewatkan sebuah modul analog khusus. Sinyal analog sensor berkisar pada rentang standard industri yaitu 4-20 mA.

Untuk mengamankan rangkaian internal PLC dari rentang daya di luarnya maka dibuat sebuah interface yang secara elektrik tidak menghubungkan input output dengan PLC secara langsung namun sinyal dikodekan secara optis. Prinsip ini secara sederhana mengodekan sinyal input output dengan cahaya LED yang diterima oleh photo transistor. Gambar 2.1 menunjukkan proses ini.



(a)



(b)

Gambar 2.1 (a) Proses pengodean input PLC **(b)** proses pengodean output PLC.

2.1.2 Pemrograman PLC

Eksekusi sebuah program dilakukan oleh PLC dengan 3 langkah sederhana yaitu pemeriksaan status input, eksekusi program, dan pemeriksaan sekaligus koreksi status output.

Pemeriksaan status input bertujuan untuk mengetahui input mana dari PLC yang memiliki status ON atau OFF. Dengan kata lain, PLC memeriksa apakah sensor atau relay yang terhubung dengan input PLC dalam status aktif atau tidak. Informasi tersebut kemudian disimpan dalam memori untuk langkah selanjutnya.

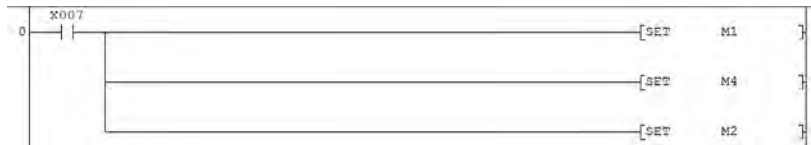
Eksekusi Program dilakukan PLC instruksi demi instruksi berdasarkan susunan program dan status dari tiap input dan melakukan aksi yang bersesuaian. Hal ini bisa dianggap sebagai aktivasi dari output tertentu yang kemudian statusnya disimpan dalam memori untuk proses selanjutnya.

Pemeriksaan sekaligus koreksi status output dilakukan PLC dengan cara memeriksa status output dan melakukan perubahan yang sesuai dengan eksekusi program jika terjadi perubahan input yang bersesuaian. Siklus ini terus berulang selama PLC bekerja.

Pemrograman PLC dilakukan dengan bahasa mnemonic, *instruction list*, dan yang paling umum adalah *ladder diagram*. *Ladder diagram* adalah yang paling mudah dipahami secara visual karena diagram ini menggambarkan hubungan-hubungan instruksi serupa susunan relay seri dan parallel. Dalam *ladder diagram* ujung kiri program diibaratkan sebuah sumber tegangan dan ujung kanan diibaratkan sebagai ground, sehingga program dieksekusi dari kiri ke kanan, oleh karena itu input program berada di sebelah kiri dan output program berada di sebelah kanan. Contoh pemrograman ini ditunjukkan oleh gambar 2.2

Fitur-fitur pemrograman secara umum adalah sama dengan bahasa pemrograman controller lainnya seperti timer, counter dan sebagainya. Setiap

vendor PLC memiliki editor dan compiler khusus yang juga menggunakan instruksi khusus dalam pemrogramannya, meskipun dalam aturannya secara menyeluruh adalah sama. Fitur-fitur tambahan kadang juga tersedia seperti blok PID yang memungkinkan untuk melakukan pengaturan PID pada proses yang ditangani.



(a)

0	LD	X007
1	SET	M1
2	SET	M4
3	SET	M2

(b)

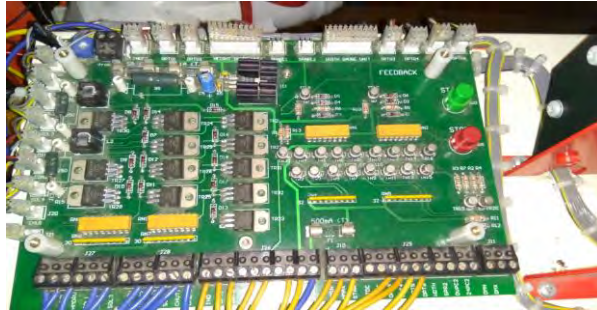
Gambar 2.2 Contoh pemrograman PLC Mitsubishi (a) dalam bentuk *ladder diagram* (b) representasi program yang sama dalam bentuk *instruction list*.

2.2 Bagian-Bagian Sistem *Dual Conveyor*

Plant *Dual Conveyor* merk feedback ditujukan bagi penggunaanya agar pengguna dapat memahami bagaimana hubungan antara sensor dan aktuator bekerja dalam suatu sistem dan mempelajari untuk membuat program PLC sebagai kontroller pada sistem tersebut, dimana didalamnya terdapat proses seleksi ukuran, seleksi bahan, dan juga perakitan *part* sebagai simulasi dari suatu proses industri.

2.2.1 *Power Supply dan Interface*

Power Supply sebagai sumber daya bagi konveyor, sensor dan aktuator yang berada dibawah *upper* konveyor, sedangkan *power supply* bagi PLC dibuat terpisah. Lalu selanjutnya adalah *interface* dimana pada *interface* terdapat tombol start dan stop yang merupakan input bagi PLC, *interface* terletak di sebelah kiri *upper* konveyor berfungsi sebagai penghubung antara PLC, sensor dan aktuator yang berupa PCB untuk mengamankan rangkaian internal PLC dari rentang daya di luarnya yang dapat menjadi noise dalam hubungan antara PLC, sensor dan aktuator. *Interface* ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Interface sebagai penghubung antara PLC, sensor dan aktuator.

2.2.2 Bagian untuk Perakitan

Bagian untuk perakitan terdapat dua jenis yaitu *washer* dan *base peg* dimana *washer* berbentuk lingkaran dengan lubang di tengah sehingga dapat dipasang dengan *base peg* yang berbentuk lingkaran dengan bahan metal dan di tengahnya terdapat bagian yang akan masuk ke dalam *washer* saat proses perakitan, *washer* sendiri dibagi lagi menjadi dua yaitu yang terbuat dari bahan metal dan bahan plastik, *washer* inilah yang akan diproses untuk dirakit dimulai dari seleksi ukuran dan juga seleksi bahan apakah terbuat dari metal atau plastik, untuk seleksi ukuran maka ukuran yang diinginkan adalah 8mm untuk tinggi yang sesuai.

Setelah dilakukan seleksi ukuran dan bahan barulah *washer* akan dipasangkan dengan *base peg* sebagai proses perakitan, apabila *washer* memiliki ukuran yang tidak sesuai maka *washer* tidak akan dimasukkan ke proses perakitan. *Washer* dan *base peg* ditunjukkan oleh gambar 2.4



Gambar 2.4 Metal washer, base peg dan plastic washer

2.2.3 Konveyor

Bagian sistem selanjutnya adalah konveyor yang merupakan aktuator yaitu output dari PLC ,dimana konveyor digerakan oleh motor DC, berfungsi untuk mengirimkan *washer* yang akan dirakit untuk melalui proses proses yang akan dilakukan mulai dari seleksi ukuran,seleksi bahan dan juga perakitan.Konveyor itu sendiri dibagi menjadi dua yaitu *upper* konveyor yang terdapat pada bagian atas,dan juga *lower* konveyor yang terdapat di bagian bawah.

Pada *upper* konveyor maka akan terjadi proses seleksi ukuran dan juga bahan,apabila ukuran tidak sesuai maka konveyor akan mengirimkan *washer* ke pembuangan,namun apabila ukuran sesuai maka *upper* konveyor akan mengirimkan *washer* tersebut ke *lower* konveyor untuk dilakukan proses perakitan dimana *washer* yang terbuat dari plastik dan metal akan dipisah melalui jalur yang berbeda.

Pada *lower* konveyor maka *washer* yang telah diseleksi akan dirakit yaitu dipasangkan dengan *base peg* setelah dipasang maka pada akhir proses akan dilakukan pemisahan hasil perakitan *washer* metal dan *washer* plastik.*Upper* konveyor dan *lower* konveyor ditunjukkan oleh gambar 2.5



(a)



(b)

Gambar 2.5 (a) *upper* konveyor (b) *lower* konveyor

fisik yang lain. Pada umumnya keluaran sensor adalah sinyal listrik yang dapat berupa arus, tegangan, resistansi, kapasitansi atau frekuensi.

Sensor yang digunakan pada sistem ini merupakan sensor digital sehingga nilai keluarannya hanya ada dua macam yaitu aktif atau tidak aktif, dan pada sistem ini digunakan dua macam sensor yaitu opto sensor dan sensor induktif. Opto sensor merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan *washer* yang terdapat pada konveyor, baik terbuat dari metal maupun plastik, sehingga opto sensor akan aktif apabila terdapat *washer*.

Total opto sensor yang digunakan dalam sistem ini adalah 6 buah, yang pertama yaitu *pre height* opto sensor yang berfungsi mendeteksi *washer* saat akan dilakukan pengukuran tinggi, lalu yang kedua adalah *Inductive* opto sensor yang berfungsi mendeteksi *washer* saat akan dilakukan seleksi bahan oleh sensor induktif, yang ketiga adalah 2nd *chute* opto sensor yang berfungsi mendeteksi *washer* yang di *drop* oleh *chute* 2, yang keempat adalah 1st *chute* opto sensor yang berfungsi mendeteksi *washer* yang di *drop* oleh *chute* 1, yang kelima adalah *plastic sort* opto sensor yang berfungsi mendeteksi hasil perakitan *washer* plastik di akhir proses, dan yang keenam adalah *metal sort* opto sensor yang berfungsi mendeteksi hasil perakitan *washer* metal di akhir proses.

Selanjutnya terdapat sensor induktif yang merupakan input bagi PLC, berfungsi untuk mendeteksi *washer* apakah terbuat dari metal atau plastik, dimana sensor induktif hanya dapat membaca suatu benda yang terbuat dari metal, sehingga sensor induktif akan aktif apabila terdapat *washer* metal, dan tidak aktif apabila terdapat *washer* plastik. Opto sensor dan sensor induktif ditunjukkan oleh gambar 2.7



(a)



(b)

Gambar 2.7 (a) opto sensor, (b) sensor induktif

2.2.6 Detektor Tinggi

Bagian selanjutnya adalah detektor tinggi yang berfungsi dalam proses seleksi ukuran apakah tinggi *washer* sesuai atau tidak, detektor tinggi tersebut digerakkan oleh motor DC dimana motor tersebut merupakan output dari PLC.

Saat motor berputar maka motor akan menggerakkan ujung pengukur ketinggian naik dan turun, dimana saat ujung alat ukur berada pada posisi tertinggi maka ada sensor HTDC (*Height Top Dead Center*) dimana ketika sensor tersebut aktif maka pengukuran ketinggian sedang tidak dilakukan sedangkan saat pengukuran ketinggian sedang berlangsung maka ujung alat ukur tinggi berada pada posisi paling bawah yang disebut dengan BTDC (*Bottom Dead Center*), dimana HTDC dan BTDC merupakan input bagi PLC.

Detektor tinggi memiliki dua tolok ukur untuk memeriksa apakah ukuran *washer* telah sesuai atau tidak, dua tolok ukur yang digunakan disebut dengan *Too Small* dan *Too Big* yang keduanya merupakan *input* bagi PLC, dimana apabila ukuran tinggi *washer* sesuai dengan yang diinginkan maka kedua tolok ukur tersebut akan aktif, apabila hanya *Too Big* yang aktif maka artinya *washer* terlalu tinggi, dan apabila hanya *Too small* yang aktif maka artinya ukuran *washer* terlalu rendah. Detektor tinggi dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Detektor Tinggi

2.2.7 *Part Manipulator Flipper*

Bagian selanjutnya adalah *Part Manipulator Flipper* yaitu berupa aktuator yang merupakan output dari PLC, berfungsi untuk mengatur arah jalannya *washer* pada konveyor dimana terdapat 3 buah *flipper* pada sistem.

Flipper yang pertama adalah *solenoid 2-1st chute* yang terdapat pada *upper* konveyor, berfungsi untuk mengarahkan *washer* plastik yang telah sesuai ukuran tinggi dan lebarnya untuk masuk ke *chute* 1 lalu di *drop* ke *lower* konveyor menuju proses perakitan, sehingga *flipper* kedua ini hanya akan aktif apabila terdapat *washer* plastik yang telah sesuai ukuran tinggi dan lebarnya.

Selanjutnya *flipper* yang kedua adalah *solenoid 3-2nd chute* yang juga terdapat pada *upper* konveyor, berfungsi untuk mengarahkan *washer* metal yang telah sesuai ukuran tinggi dan lebarnya untuk masuk ke *chute* 2 lalu di *drop* ke *lower* konveyor menuju proses perakitan, sehingga *flipper* ketiga ini hanya akan aktif apabila terdapat *washer* metal yang telah sesuai ukuran tinggi dan lebarnya.

Pada kasus *washer* yang tidak sesuai ukuran tingginya walaupun memiliki lebar yang sesuai maka akan membuat *flipper* pertama dan kedua tidak aktif sehingga *washer* tersebut akan dibawa oleh *upper* konveyor menuju ke kotak pembuangan .

Selanjutnya *flipper* yang ketiga adalah *solenoid 4-part sort* yang terdapat pada *lower* konveyor berfungsi untuk memisahkan *washer* plastik dan metal yang telah melalui proses perakitan, sehingga pada akhir proses *washer* plastik dan metal yang telah dirakit akan berada pada tempat yang berbeda, dimana *flipper* ketiga ini akan aktif bila yang masuk ke dalam proses perakitan merupakan *washer* metal, sedangkan apabila yang masuk ke dalam proses perakitan merupakan *washer* plastik maka *flipper* ketiga ini tidak akan aktif. *Part Manipulator Flipper* dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 *Part Manipulator Flipper, flipper kedua dan ketiga*

2.3 Teori Metoda *Cascade*

Metoda *cascade* merupakan salah satu diantara beberapa metoda untuk mendesain *ladder diagram*, terdapat juga metoda lain yang dapat digunakan untuk mendesain *ladder diagram* seperti metoda *sequence chart*, metoda Huffman, metoda *flow table/state diagram*, dan juga metoda *petri-net*, diantara metoda yang lain metoda *cascade* adalah relatif yang paling sederhana dan mudah untuk dikerjakan dan juga menghasilkan *ladder diagram* yang mudah untuk dimengerti, namun kekurangannya adalah relay yang dihasilkan lebih banyak dibanding metoda yang lain.

Apabila dibutuhkan suatu metoda yang relatif lebih mudah untuk dikerjakan dan juga membutuhkan waktu pengerjaan yang relatif lebih singkat, maka metoda *cascade* dapat menjadi pilihan, namun apabila dibutuhkan suatu metoda yang dapat menghasilkan relay lebih sedikit pada *ladder diagram* maka metoda lainnya dapat menjadi pilihan.

Dahulu ketika proses di industri masih menggunakan relay fisik dalam suatu sistem dan belum menggunakan PLC sebagai controller maka kekurangan metoda *cascade* yang menghasilkan relay lebih banyak dapat menyebabkan keluarnya biaya yang lebih banyak disebabkan relay fisik yang harus dibeli juga lebih banyak, namun pada saat ini dimana relay pada PLC hanya berupa bagian dari *ladder diagram* maka kekurangan tersebut tidak lagi berarti, sehingga dapat dikatakan metoda *cascade* merupakan pilihan yang tepat dibandingkan metoda lainnya, karena kekurangan yang dimiliki metoda *cascade* dapat diatasi dengan menggunakan PLC sebagai controller, sehingga dengan pengerjaan yang relatif lebih mudah dan waktu pengerjaan yang relatif lebih cepat tidak mempengaruhi biaya yang harus dikeluarkan untuk membeli relay.

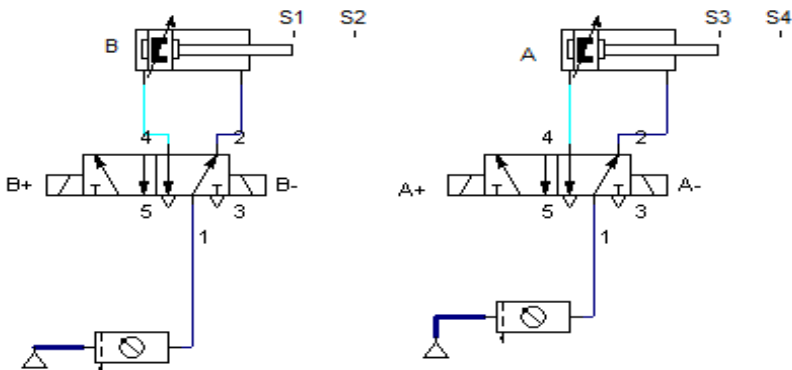
2.3.1 Langkah-langkah Metoda *Cascade*

Dalam mengerjakan metoda *cascade* pertama-tama kita harus mengetahui urutan proses yang akan dilakukan, setelah mengetahui urutan proses yang akan dilakukan langkah selanjutnya adalah membagi-bagi menjadi kelompok-kelompok dimana aturan pembagian kelompok adalah didalam satu kelompok tidak boleh ada suatu output yang sama namun memiliki status yang berbeda, yang dimaksud dengan status adalah set dan reset, sehingga apabila terdapat suatu output A yang berstatus set tidak boleh berada dalam satu kelompok dengan output A yang berstatus reset, sehingga output A yang berstatus reset harus diletakkan di kelompok selanjutnya, dimana tiap kelompok akan diwakili oleh sebuah relay dan kelompok-kelompok tersebut akan memiliki anggota.

Seandainya terdapat 2 output yang berbeda maka status output tersebut tidak dipermasalahan sehingga dapat dimasukkan kedalam satu kelompok contohnya A set dengan B reset, maka keduanya tidak masalah apabila berada dalam satu kelompok. Setelah dilakukan pembagian kelompok maka langkah selanjutnya adalah membuat persamaan dari tiap relay yang digunakan dan juga persamaan tiap anggota kelompok, setelah persamaan relay dan persamaan anggota kelompok didapat maka *ladder diagram* dapat dibuat berdasarkan persamaan tersebut, contoh pengerjaan metoda cascade akan dijelaskan pada bagian selanjutnya.

2.3.2 Contoh Desain *ladder diagram* Metoda Cascade

Sebagai contoh akan dilakukan desain *ladder diagram* metoda cascade untuk rangkaian pneumatik dengan urutan Start, B+, A+, A-, B-



Gambar 2.10 Contoh rangkaian pneumatik

Sebelum masuk ke metoda cascade maka akan dijelaskan sedikit mengenai rangkaian pneumatik yang digunakan, dimana pada gambar 2.10 terdapat beberapa bagian yang akan dibahas yaitu dua silinder yaitu silinder A dan silinder B yang dapat bergerak maju mundur, lalu terdapat *limit switch* yang berfungsi sebagai sensor untuk mengetahui apakah silinder dalam posisi maju atau mundur, yaitu s1, s2, s3 dan s4, selain silinder dan *limit switch* juga terdapat *solenoid* yang berfungsi untuk mengatur pergerakan maju mundurnya silinder. Pada saat silinder A dan B dalam posisi diam maka silinder A akan mengaktifkan *limit switch* s3 dan silinder B mengaktifkan *limit switch* s1, namun pada saat kondisi maju silinder A akan mengaktifkan *limit switch* s4 dan silinder B akan mengaktifkan *limit switch* s2, lalu *solenoid* B+ berfungsi untuk menggerakkan silinder B menjadi posisi maju dan

solenoid B- berfungsi untuk menggerakkan silinder B menjadi posisi mundur, lalu solenoid A+ berfungsi untuk menggerakkan silinder A menjadi posisi maju dan solenoid A- berfungsi untuk menggerakkan silinder A menjadi posisi mundur.

Setelah membahas sedikit tentang rangkaian pneumatik maka sekarang akan dibahas mengenai pengerjaan metoda cascade agar rangkaian pneumatik dapat berjalan dengan urutan Start, B+, A+, A-, B-. Kita telah mengetahui urutan proses yang akan dilakukan yaitu Start, B+, A+, A-, B- maka langkah selanjutnya adalah melakukan pembagian kelompok.

Kelompok pertama akan diwakilkan oleh relay Y1 sehingga kita dapat menyebut kelompok pertama sebagai kelompok Y1, lalu untuk anggota kelompok Y1 maka dapat kita ambil dari urutan proses adalah Start, B+, A+ dapat kita lihat anggota kelompok Y1 berhenti pada A+ karena urutan selanjutnya setelah A+ adalah A- dimana keduanya merupakan output yang sama yaitu output A namun berbeda status dimana A+ berstatus set sedangkan A- berstatus reset sehingga keduanya harus berada dalam kelompok yang berbeda, setelah mendapatkan anggota kelompok pertama maka selanjutnya akan dibuat kelompok kedua yaitu kelompok Y2 dimana anggotanya adalah A-, B-, sehingga kita dapatkan dua kelompok yaitu Y1 dan Y2 dimana anggota kelompok Y1 adalah Start, B+, A+ dan anggota kelompok Y2 adalah A-, B-.

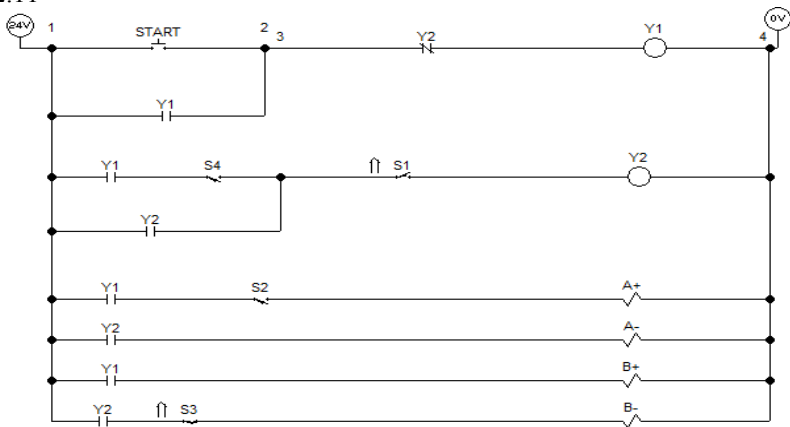
Setelah mendapatkan kelompok beserta anggotanya maka langkah selanjutnya adalah membuat persamaan relay dan juga persamaan tiap anggota kelompok, untuk persamaan relay akan terdiri dari tiga penyusun yaitu set, reset dan *self holding*, sebagai contoh untuk relay Y1 maka setnya adalah tombol Start karena merupakan relay pertama dan untuk *self holding* adalah dirinya sendiri yaitu Y1 dan sebagai resetnya adalah relay selanjutnya yaitu Y2 dalam kondisi inverse, sehingga didapat persamaan Y1 adalah $Y1 = (Start + Y1) * \bar{Y2}$ dimana Start sebagai set di masukkan ke fungsi OR dengan Y1 sebagai *self holding* lalu keduanya dimasukkan ke fungsi AND dengan Y2 inverse sebagai reset.

Lalu selanjutnya akan dibuat persamaan anggota relay dimana anggota relay Y1 adalah Start, B+, A+ namun yang akan kita ambil kedalam persamaan hanya B+ dan A+ sedangkan Start tidak karena hanya sebagai set awal. Pertama akan dibuat persamaan B+ karena B+ merupakan anggota kelompok Y1 dan tidak berada pada kelompok lain lalu sebelum B+ pada urutan proses adalah tombol start dimana tombol start tidak dimasukkan ke persamaan anggota maka persamaan B+ adalah $B+ = Y1$. Persamaan anggota selanjutnya adalah persamaan A+ dimana A+ hanya terdapat pada

kelompok Y1 dan sebelum A+ terdapat B+ pada urutan proses dimana pada saat kondisi B+ maka silinder B akan maju dan mengaktifkan *limit switch* s2 maka sebelum mencapai urutan A+ *limit switch* s2 akan aktif terlebih dahulu sehingga persamaan A+ adalah $A+ = Y1 * s2$.

Setelah mendapatkan persamaan relay pertama beserta anggotanya maka selanjutnya akan dicari persamaan relay Y2, karena relay Y2 adalah relay setelah Y1 maka sebagai set nya akan mengandung Y1. Kondisi terakhir pada Y1 adalah A+ dimana silinder A akan maju dan mengaktifkan *limit switch* s4 dan kondisi terakhir pada Y1 ini juga akan menjadi set bagi relay Y2, lalu sebagai self holding adalah Y2 itu sendiri dan sebagai reset karena Y2 merupakan relay terakhir maka resetnya adalah kondisi terakhir pada relay Y2 yaitu B- dimana silinder B akan mundur dan mengaktifkan *limit switch* s1 sehingga persamaan Y2 adalah $Y2 = (Y1 * s4 + Y2) * \overline{s1}$.

Lalu selanjutnya untuk persamaan anggotanya yang pertama adalah A- yang merupakan anggota pertama pada kelompok Y2 dan juga hanya terdapat pada Y2, maka persamaan A- adalah $A- = Y2$, selanjutnya untuk persamaan B- yang merupakan anggota kedua dari kelompok Y2, sebelum B- terdapat A- dimana kondisi silinder A mundur dan mengaktifkan *limit switch* s3, karena B- hanya terdapat pada relay Y2 dan sebelum B- terdapat A- yang membuat *limit switch* s3 aktif maka persamaan B- adalah $B- = Y2 * s3$. Setelah persamaan relay dan anggotanya didapat maka *ladder diagram* dapat dibuat berdasarkan persamaan tersebut yang dapat dilihat pada gambar 2.11



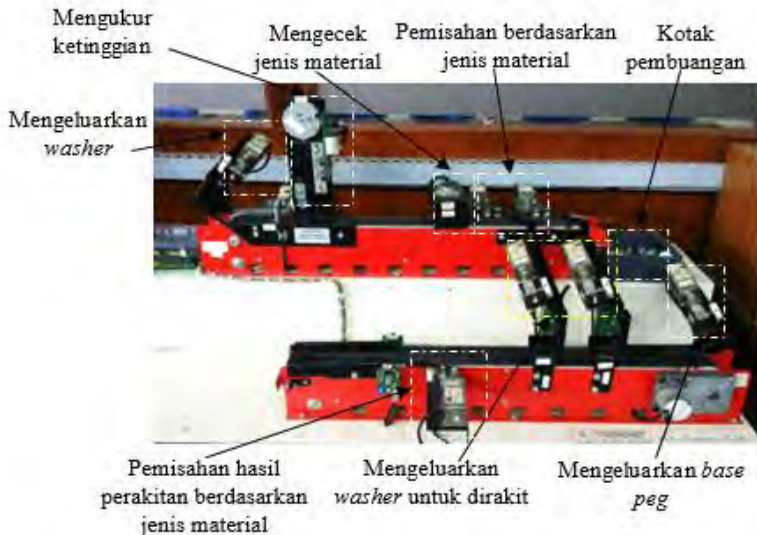
Gambar 2.11 Contoh *ladder diagram* metoda cascade

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai desain *ladder diagram* dengan metoda cascade pada plant *Dual Conveyor* merk feedback. Perancangan sistem terdiri dari urutan kerja sistem, pembagian kelompok dari *ladder diagram*, lalu terakhir adalah mencari persamaan relay dan memori.

3.1 Urutan Kerja Sistem

Sebelum membuat pembagian kelompok untuk desain *ladder diagram* maka urutan kerja pada sistem harus diketahui terlebih dahulu, pada dasarnya kerja sistem dapat dibagi menjadi dua bagian, yang pertama yaitu bagian seleksi *part* yang terjadi pada *upper conveyor* dan yang kedua adalah bagian perakitan *part* yang terjadi pada *lower conveyor*. Proses kerja pada *plant* dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Gambaran proses kerja pada *plant*

3.1.1 Seleksi Part

Bagian pertama adalah seleksi part yang terjadi pada *upper* konveyor dimana terdapat tiga kemungkinan pada seleksi part, yang pertama adalah apabila ukuran tinggi *washer* tidak sesuai baik yang terbuat dari plastik atau metal, karena pada sistem yang digunakan dalam tugas akhir ini tidak terdapat detektor lebar maka yang kita perhatikan dalam hal ukuran hanyalah ketinggian *washer*, lalu kemungkinan yang kedua adalah apabila ukuran tinggi *washer* sesuai dan *washer* terbuat dari plastik, lalu yang ketiga adalah apabila ukuran tinggi *washer* sesuai dan *washer* terbuat dari metal.

3.1.1.1 Tinggi Tidak Sesuai (*Reject*)

Pada kemungkinan pertama yaitu apabila ukuran tinggi *washer* tidak sesuai, baik *washer* tersebut terbuat dari metal ataupun plastik maka *washer* metal atau plastik tersebut akan mengalami proses yang sama. Pada saat tombol start ditekan maka dispenser 1 akan aktif dan *washer* akan di *drop* ke *upper* konveyor dan motor pada detektor ketinggian akan aktif hingga sensor photoelektrik HTDC berada pada kondisi aktif. Saat HTDC kondisi aktif, dispenser 1 akan kembali menutup bersamaan dengan berhentinya motor, setelah itu *upper* konveyor akan aktif dan membawa *washer* sampai pada opto sensor 1 dimana opto sensor 1 adalah opto sensor yang berada sebelum detektor ketinggian, Saat opto sensor 1 aktif, konveyor atas akan berhenti sesaat (0,9s) kemudian konveyor atas akan aktif selama 1,4s membawa benda kerja hingga tepat berada di bawah sensor pengukur ketinggian dan konveyor atas kembali berhenti. Kemudian motor kembali aktif untuk membuat sensor pengukur ketinggian bergerak kebawah hingga sensor HBDC aktif. Pada kemungkinan pertama adalah kondisi dimana *washer* memiliki tinggi yang tidak sesuai dimana salah satu sensor *too small* atau *too big* tidak aktif, lalu setelah ketinggian *washer* diukur maka *upper* konveyor akan berjalan lagi (10s) dan proses selanjutnya adalah *upper* konveyor akan membawa *washer* sampai masuk ke dalam pembuangan dan proses akan dimulai kembali dari awal.

3.1.1.2 Tinggi Sesuai Berbahan Plastik

Pada kemungkinan kedua yaitu apabila ukuran tinggi *washer* telah sesuai dan *washer* tersebut terbuat dari plastik. Pada saat tombol start ditekan maka dispenser 1 akan aktif dan *washer* akan di *drop* ke *upper* konveyor dan motor pada detektor ketinggian akan aktif hingga sensor photoelektrik HTDC berada pada kondisi aktif. Saat HTDC kondisi aktif,

dispenser 1 akan kembali menutup bersamaan dengan berhentinya motor, setelah itu *upper* konveyor akan aktif dan membawa *washer* sampai pada opto sensor 1 dimana opto sensor 1 adalah opto sensor yang berada sebelum detektor ketinggian. Saat opto sensor 1 aktif, konveyor atas akan berhenti sesaat (0,9s) kemudian konveyor atas akan aktif selama 1,4s membawa benda kerja hingga tepat berada di bawah sensor pengukur ketinggian dan konveyor atas kembali berhenti. Kemudian motor kembali aktif untuk membuat sensor pengukur ketinggian bergerak kebawah hingga sensor HBDC aktif. Pada kemungkinan kedua kondisi *washer* memiliki ukuran tinggi yang sesuai dimana sensor *too small* dan *too big* keduanya aktif, maka setelah dilakukan seleksi ketinggian *upper* konveyor akan berjalan lagi membawa *washer* sampai ke opto sensor 2, dimana opto sensor 2 terletak sebelum sensor induktif, setelah *washer* sampai pada opto sensor 2 maka *upper* konveyor akan berhenti selama 0,7 detik untuk mendeteksi bahan. Pada kemungkinan kedua *washer* terbuat dari plastik oleh karena itu hanya sensor opto 2 yang aktif, sedangkan sensor induktif tidak aktif. Setelah dilakukan seleksi bahan dan telah diketahui *washer* terbuat dari plastik maka konveyor atas dan solenoid 2 akan aktif selama 10 detik hingga membuat *washer* plastik berada pada chute 1. Setelah 10 detik, maka konveyor atas akan berhenti dan solenoid 2 akan menutup bersamaan dengan aktifnya *chute* 1 dan membuat *washer* jatuh ke *lower* konveyor dan membuat opto sensor 4 aktif untuk selanjutnya masuk ke dalam proses perakitan.

3.1.1.3 Tinggi Sesuai Berbahan Metal

Pada kemungkinan ketiga yaitu apabila ukuran tinggi *washer* telah sesuai dan *washer* tersebut terbuat dari metal. Pada saat tombol start ditekan maka dispenser 1 akan aktif dan *washer* akan di *drop* ke *upper* konveyor dan motor pada detektor ketinggian akan aktif hingga sensor photoelektrik HTDC berada pada kondisi aktif. Saat HTDC kondisi aktif, dispenser 1 akan kembali menutup bersamaan dengan berhentinya motor, setelah itu *upper* konveyor akan aktif dan membawa *washer* sampai pada opto sensor 1 dimana opto sensor 1 adalah opto sensor yang berada sebelum detektor ketinggian. Saat opto sensor 1 aktif, konveyor atas akan berhenti sesaat (0,9s) kemudian konveyor atas akan aktif selama 1,4s membawa benda kerja hingga tepat berada di bawah sensor pengukur ketinggian dan konveyor atas kembali berhenti. Kemudian motor kembali aktif untuk membuat sensor pengukur ketinggian bergerak kebawah hingga sensor HBDC aktif. Pada kemungkinan ketiga kondisi *washer* memiliki ukuran tinggi yang sesuai dimana sensor *too small* dan *too big* keduanya aktif, maka setelah dilakukan

seleksi ketinggian *upper* konveyor akan berjalan lagi membawa *washer* sampai ke opto sensor 2, dimana opto sensor 2 terletak sebelum sensor induktif, setelah *washer* sampai pada opto sensor 2 maka *upper* konveyor akan berhenti selama 0,7 detik untuk mendeteksi bahan. Pada kemungkinan ketiga *washer* terbuat dari metal oleh karena itu sensor opto 2 dan sensor induktif akan aktif. Setelah dilakukan seleksi bahan dan telah diketahui *washer* terbuat dari metal maka konveyor atas dan solenoid 3 akan aktif selama 10 detik hingga membuat *washer* metal berada pada chute 2. Setelah 10 detik, maka konveyor atas akan berhenti dan solenoid 3 akan menutup bersamaan dengan aktifnya chute 2 dan membuat *washer* jatuh ke *lower* konveyor dan membuat opto sensor 3 aktif untuk selanjutnya masuk ke dalam proses perakitan.

3.1.2 Perakitan Part

Bagian kedua adalah perakitan part yang terjadi pada *lower* konveyor, dimana *washer* yang masuk ke dalam tahap perakitan sudah memiliki ukuran tinggi yang sesuai sehingga pada tahap ini hanya terdapat dua kemungkinan pada proses perakitan part yaitu perakitan part plastik dan perakitan part metal.

3.1.2.1 Perakitan Part Plastik

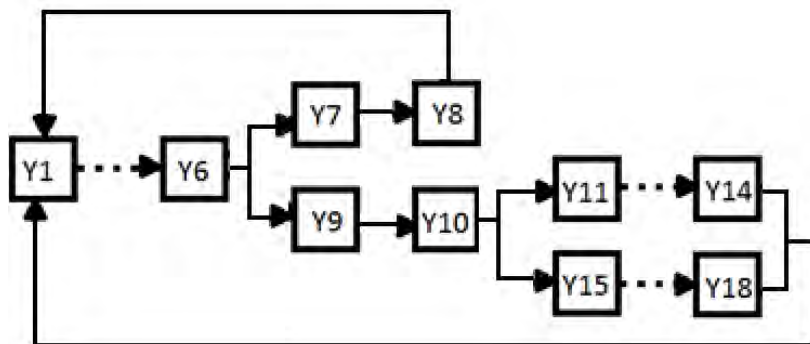
Pada kemungkinan pertama yaitu perakitan part plastik, pada proses sebelumnya yaitu proses seleksi part, *washer* yang terbuat dari plastik akan masuk ke dalam chute 1 untuk di *drop* ke *lower* konveyor, maka setelah *washer* di drop oleh chute 1, *washer* tersebut akan terbaca oleh opto sensor ke empat yaitu 1st chute opto sensor, setelah opto sensor aktif maka dispenser 2 yang berisi *base peg* akan aktif dan men *drop* base peg tersebut ke *lower* konveyor, lalu *lower* konveyor akan aktif dan membawa *base peg* sampai pada chute 1, pada saat *base peg* sampai pada chute 1 maka *washer* plastik akan otomatis terpasang pada *base peg*, setelah *washer* plastik terpasang pada *base peg* maka proses perakitan telah dilakukan, selanjutnya *lower* konveyor akan kembali berjalan untuk membawa part yang telah dirakit ke tempat penyimpanan akhir, karena part yang dirakit terbuat dari plastik maka *solenoid 4-part sort* tidak aktif dan part akan masuk ke dalam tempat penyimpanan 1, sebelum part masuk ke tempat penyimpanan 1, part akan melewati opto sensor 5 yaitu *plastic sort* opto sensor, dengan aktifnya opto sensor 5 maka proses secara keseluruhan telah selesai.

3.1.2.2 Perakitan Part Metal

Pada kemungkinan kedua yaitu perakitan part metal, pada proses sebelumnya yaitu proses seleksi part, *washer* yang terbuat dari metal akan masuk ke dalam *chute* 2 untuk di *drop* ke lower konveyor, maka setelah *washer* di drop oleh *chute* 2, *washer* tersebut akan terbaca oleh opto sensor ke tiga yaitu 2nd *chute* opto sensor, setelah opto sensor aktif maka dispenser 2 yang berisi *base peg* akan aktif dan men *drop* base peg tersebut ke lower konveyor, lalu lower konveyor akan aktif dan membawa *base peg* sampai pada *chute* 2, pada saat *base peg* sampai pada *chute* 2 maka *washer* metal akan otomatis terpasang pada *base peg*, setelah *washer* metal terpasang pada *base peg* maka proses perakitan telah dilakukan, selanjutnya lower konveyor akan kembali berjalan untuk membawa part yang telah dirakit ke tempat penyimpanan akhir, karena part yang dirakit terbuat dari metal maka *solenoid* 4-part sort akan aktif dan part akan masuk ke dalam tempat penyimpanan 2, sebelum part masuk ke tempat penyimpanan 2, part akan melewati opto sensor 6 yaitu *metal sort* opto sensor, dengan aktifnya opto sensor 6 maka proses secara keseluruhan telah selesai.

3.2 Pembagian Kelompok Ladder Diagram

Berdasarkan urutan kerja sistem yang telah diketahui maka dibagi menjadi kelompok kelompok dimana aturan dalam tiap kelompok tidak boleh memiliki output yang sama namun berbeda status (Set / Reset), maka pada urutan kerja sistem dapat dibagi menjadi 18 kelompok dimana kelompok kelompok tersebut akan dibuat dalam bentuk relay yang diberi nama Y1 sampai dengan Y18. Urutan kerja relay dapat dilihat pada gambar 3.2 dan lampiran D untuk lebih lengkap.



Gambar 3.2 Urutan kerja relay

Pada gambar 3.2 garis putus putus berarti terdapat relay lain diantara relay yang terhubung, dimana pada relay Y6 terdapat dua kemungkinan, yaitu apabila tinggi tidak sesuai maka proses akan berlanjut ke relay Y7, sedangkan apabila tinggi sesuai maka proses akan berlanjut ke relay Y9, lalu pada relay Y10 juga terdapat dua kemungkinan yaitu apabila *washer* terbuat dari metal maka proses akan berlanjut ke relay Y11, sedangkan apabila *washer* terbuat dari plastik maka proses akan berlanjut ke relay Y15.

3.2.1 Seleksi Tinggi Washer (Relay Y1-Y6)

Pada relay Y1 sampai dengan Y6 maka akan terjadi proses dimulai dengan aktifnya tombol start sampai dengan terjadinya pengukuran tinggi *washer* apakah sesuai atau tidak.

A. Relay Y1

Relay yang pertama adalah relay Y1 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu tombol start dan dua buah output yaitu dispenser 1 SET dan *height* motor SET, sehingga yang terjadi pada relay ini adalah ketika tombol start ditekan maka dispenser 1 akan aktif dan menjatuhkan *washer* ke conveyor 1, lalu motor alat ukur tinggi akan aktif sampai ujung alat ukur tinggi mencapai posisi tertinggi dan mengaktifkan sensor HTDC (*Height Top Dead Center*), sehingga apabila sensor HTDC telah aktif maka relay Y1 akan di RESET dan berlanjut ke relay Y2. Relay Y1 juga memiliki input untuk sistem *looping* yaitu : (timer 3*Y8), (opto5*Y14), dan (opto6*Y18) dimana apabila sistem telah mencapai relay Y8, Y14, dan Y18 maka sistem akan dimulai lagi dari awal.

- Input 1 : Start
- Output dari Input 1 : Dispenser 1 SET
Height motor SET

B. Relay Y2

Relay yang kedua adalah Y2 dimana pada relay ini terdapat input berupa HTDC dan output sebanyak tiga buah yaitu dispenser 1 RESET, *height* motor RESET, dan conveyor 1 SET, dimana yang terjadi pada relay ini adalah pada saat motor alat ukur tinggi pada relay Y1 telah mengaktifkan sensor HTDC maka dispenser 1 akan kembali ke posisi semula dan motor akan berhenti bekerja karena ujung alat ukur tinggi telah mencapai posisi tertingginya, lalu conveyor 1 akan aktif dan membawa *washer* sampai pada sensor opto

1, sehingga apabila sensor opto 1 telah aktif maka relay Y2 akan di RESET dan relay Y3 akan aktif.

- Input 1: HTDC
- Output dari Input 1: Dispenser 1 RESET
Height motor RESET
Konveyor 1 SET

C. Relay Y3

Relay yang ketiga adalah Y3 dimana pada relay ini terdapat input berupa sensor opto 1 dan output sebanyak dua buah yaitu konveyor 1 RESET dan timer 1 SET, dimana yang terjadi pada relay ini adalah ketika konveyor 1 telah membawa *washer* menuju sensor opto 1 maka konveyor 1 akan berhenti dan timer 1 akan aktif dimana timer 1 adalah time on delay 0,9s sehingga ketika timer 1 diaktifkan outputnya baru akan aktif setelah 0,9 detik, timer 1 juga merupakan input bagi relay selanjutnya yaitu relay Y4 sehingga ketika timer 1 telah aktif maka relay Y3 akan di RESET dan relay Y4 akan aktif.

- Input 1: Opto 1
- Output dari Input 1: Konveyor 1 RESET
Timer 1 SET

D. Relay Y4

Relay yang keempat adalah Y4 dimana pada relay ini terdapat input berupa timer 1 yang merupakan time on delay 0,9s yang diaktifkan pada relay Y3, dan juga terdapat output sebanyak tiga buah yaitu konveyor 1 SET, timer 1 RESET dan timer 2 SET. Pada relay Y4 yang terjadi adalah ketika timer 1 aktif maka konveyor 1 akan kembali bergerak setelah 0,9 detik distop pada relay Y3, lalu timer 1 akan RESET dan timer 2 akan aktif dimana timer 2 adalah time on delay 1,4s sehingga ketika timer 2 diaktifkan outputnya baru akan aktif setelah 1,4 detik, timer 2 juga merupakan input bagi relay selanjutnya yaitu relay Y5 sehingga ketika timer 2 telah aktif maka relay Y4 akan di RESET dan relay Y5 akan aktif.

- Input 1: Timer 1
- Output dari Input 1: Konveyor 1 SET
Timer 1 RESET
Timer 2 SET

E.Relay Y5

Relay yang kelima adalah Y5 dimana pada relay ini terdapat input berupa timer 2 yang merupakan time on delay yang diaktifkan pada relay Y4, dan juga terdapat tiga buah output yaitu konveyor 1 RESET, timer 2 RESET dan *height* motor SET. Pada relay Y5 yang terjadi adalah konveyor 1 akan berhenti setelah sebelumnya berjalan selama 1,4s dimana *washer* sudah berada di bawah alat ukur ketinggian sehingga proses pengukuran tinggi dapat dilakukan, lalu timer 2 akan di RESET dan *height* motor akan aktif. Saat *height* motor aktif maka akan ada dua sensor yang diaktifkan oleh motor tersebut yaitu HBDC dan HTDC, saat HBDC aktif maka proses pengukuran tinggi sedang berlangsung dimana ujung alat ukur tinggi sedang berada pada posisi terendahnya dan saat motor terus bergerak maka ujung alat ukur tinggi akan kembali naik dan saat telah mencapai posisi puncak maka sensor HTDC akan aktif dimana saat sensor HTDC aktif maka relay Y5 akan di RESET dan relay Y6 akan aktif.

- Input 1: Timer 2
- Output dari Input 1: Konveyor 1 RESET
Timer 2 RESET
Height motor SET

F.Relay Y6

Relay yang keenam adalah Y6 dimana pada relay ini terdapat tiga buah Input yaitu HTDC, $(HBDC * \text{too small} * \text{too big})$ dan $(HBDC * \text{too small} * \text{too big}) + (HBDC * \text{too small} * \text{too big})$, dan juga terdapat tiga buah output yaitu *height* motor RESET, memori *height* OK SET dan memori *Reject* SET. Pada relay Y6 yang terjadi adalah ketika motor diaktifkan pada relay Y5 maka motor akan menggerakkan ujung alat ukur tinggi ke titik terendah dan ke titik tertingginya, pada saat ujung alat ukur tinggi berada pada titik terendah maka proses pengukuran sedang berlangsung dan saat ujung alat ukur tinggi kembali pada titik tertinggi maka pengukuran telah selesai dan motor akan di RESET. Pada saat proses pengukuran tinggi maka terdapat tiga sensor yaitu HBDC, *too small* dan *too big* dimana apabila tinggi sesuai maka ketiga sensor tersebut akan aktif dan output *height* ok akan aktif sedangkan apabila terdapat salah satu sensor *too big* atau *too small* yang tidak aktif maka output *reject* akan aktif. Relay selanjutnya yang akan aktif tergantung dari hasil akhir pada relay Y6, apabila hasil akhir yang aktif adalah *height* OK maka relay yang akan aktif selanjutnya adalah Y9, sedangkan

apabila hasil akhir yang aktif adalah *reject* maka relay yang akan aktif selanjutnya adalah Y7.

- Input 1:HTDC
- Output dari Input 1:Memori *Height* motor RESET
- Input 2:HBDC**too small*too big*
- Output dari Input 2:Memori *Height* OK SET
- Input 3:(HBDC**too small*too big*) + (HBDC**too small*too big*)
- Output dari Input 3:*Reject* SET

3.2.2 *Reject* (Relay Y7-Y8)

Pada relay Y7 sampai Y8 yang terjadi adalah pengiriman *washer* menuju kotak pembuangan dimana setelah relay Y8 aktif maka proses akan dimulai kembali dari awal yaitu dari relay Y1.

A. Relay Y7

Relay yang ketujuh adalah Y7 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu koil *reject* yang akan aktif pada relay Y6,dan juga tiga buah output yaitu konveyor 1 SET,timer 3 SET dan *reject* RESET.Pada relay Y7 yang terjadi adalah konveyor 1 akan aktif untuk membawa *washer* ke kotak pembuangan lalu *reject* akan di RESET dan timer 3 akan aktif dimana timer 3 adalah time on delay 10s.Setelah timer 3 aktif maka relay Y7 akan RESET dan relay Y8 akan aktif.

- Input 1:Koil *Reject*
- Output dari Input 1:Konveyor 1 SET
Reject RESET
Timer 3 SET

B. Relay Y8

Relay yang kedelapan adalah Y8 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu timer 3 dan terdapat dua buah output yaitu konveyor 1 RESET dan timer 3 RESET.Pada relay ini yang terjadi adalah konveyor 1 akan berhenti setelah berjalan selama 10 detik untuk membawa *washer* ke kotak pembuangan lalu timer 3 akan di RESET kembali dan proses akan dimulai dari awal.

- Input 1 :Timer 3
- Output dari Input 1:Konveyor 1 RESET
Timer 3 RESET

3.2.3 Seleksi Bahan (Relay Y9-Y10)

Pada Relay Y9 sampai Y10 yang terjadi adalah penyeleksian bahan pembuat *washer* yang telah sesuai ukuran tingginya, dimana nantinya terdapat dua kemungkinan yaitu *washer* terbuat dari metal atau plastik.

A. Relay Y9

Relay yang kesembilan adalah Y9 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu koil *Height OK* yang berarti *washer* yang masuk pada tahap ini memiliki tinggi yang sesuai, lalu terdapat dua buah output yaitu konveyor 1 SET dan *Height OK RESET*. Pada relay ini yang terjadi adalah konveyor akan berjalan membawa *washer* sampai kepada opto sensor 2 yang berada pada tempat yang sama dengan sensor induktif untuk seleksi bahan, sehingga apabila *washer* telah mencapai sensor opto 2 maka relay Y9 akan RESET dan relay Y10 akan aktif.

- Input 1: Koil *Height OK*
- Output dari Input 1: Konveyor 1 SET
Height OK RESET

B. Relay Y10

Relay yang kesepuluh adalah Y10 dimana pada relay ini terdapat tiga buah input yaitu Opto 2, (Opto 2*Induktif) dan (Opto 2**Induktif*), dan juga terdapat empat buah output yaitu konveyor 1 RESET, timer 4 SET, Memori Metal dan Memori Plastik. Pada relay ini yang terjadi adalah ketika *washer* telah mencapai sensor opto 2 maka konveyor 1 akan berhenti dan proses pengecekan bahan akan dilakukan, lalu timer 4 yang merupakan time on delay 0,7s akan aktif, dan pada saat pengecekan bahan maka akan terdapat dua kemungkinan dimana apabila sensor yang aktif adalah opto sensor 2 dan sensor induktif maka bahannya terbuat dari metal, sedangkan apabila hanya sensor opto 2 yang aktif sedangkan sensor induktif tidak aktif maka bahannya terbuat dari plastik. Apabila bahannya terbuat dari metal maka proses selanjutnya akan dilakukan oleh relay Y11, sedangkan apabila bahannya terbuat dari plastik maka proses selanjutnya akan dilakukan oleh Y15.

- Input 1: Opto 2
- Output dari Input 1 : Konveyor 1 RESET
Timer 4 SET
- Input 2: Opto 2*Induktif
- Output dari Input 2: Memori Metal SET
- Input 3: Opto 2**Induktif*
- Output dari Input 3: Memori Plastik SET

3.2.4 Perakitan Washer Metal (Relay Y11-Y14)

Pada relay Y11 sampai Y14 yang terjadi adalah perakitan *washer* berbahan metal, dimulai dari pengiriman *washer* dari konveyor atas ke konveyor bawah, pemasangan *base peg* pada *washer* dan juga pemisahan tempat hasil akhir perakitan.

A. Relay Y11

Relay yang kesebelas adalah Y11 dimana pada relay ini terdapat dua buah input yaitu Timer 4 dan Koil Metal dan juga terdapat lima buah output yaitu konveyor 1 SET, timer 4 RESET, solenoid 3 SET, memori metal RESET dan timer 5 SET. Pada relay ini yang terjadi adalah ketika timer 4 diaktifkan pada relay Y10 maka konveyor 1 akan kembali berjalan setelah sebelumnya berhenti selama 0,7 detik saat pengecekan bahan dan timer 4 akan kembali di RESET, lalu saat koil metal diaktifkan pada relay Y10, dimana koil metal merupakan output dari memori metal, maka solenoid 3 akan aktif untuk mengarahkan jalannya *washer* masuk ke dalam chute 2, lalu memori metal akan kembali di RESET dan timer 5 akan SET dimana timer 5 merupakan time on delay 10s yang merupakan input bagi relay Y12, sehingga ketika timer 5 aktif maka relay Y11 akan di RESET dan relay Y12 akan SET.

- Input 1 : Timer 4
- Output dari Input 1 : Konveyor 1 SET
Timer 4 RESET
- Input 2 : Koil Metal
- Output dari Input 2 : Solenoid 3 SET
Memori Metal RESET
Timer 5 SET

B. Relay Y12

Relay yang kedua belas adalah Y12 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu timer 5 dan empat buah output yaitu konveyor 1 RESET, solenoid 3 RESET, timer 5 RESET dan chute 2 SET. Pada relay ini yang terjadi adalah ketika timer 5 aktif, dimana timer 5 diaktifkan pada relay Y11, maka konveyor 1 akan berhenti setelah 10 detik berjalan, dan solenoid 3 akan kembali terbuka seperti keadaan awalnya, lalu timer 5 akan di RESET dan chute 2 akan aktif sehingga *washer* akan jatuh ke konveyor 2 dan terbaca oleh sensor opto 3, sehingga apabila sensor opto 3 telah aktif maka relay Y12 akan di RESET dan relay Y13 akan SET.

- Input 1 : Timer 5

- Output dari Input 1 : Konveyor 1 RESET
Solenoid 3 RESET
Timer 5 RESET
Chute 2 SET

C. Relay Y13

Relay yang ketiga belas adalah Y13 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu Opto 3 dan empat buah output yaitu chute 2 RESET,dispenser 2 SET,solenoid 4 SET dan konveyor 2 SET.Pada relay ini yang terjadi adalah ketika chute 2 menjatuhkan *washer* sehingga sensor opto 3 aktif maka chute 2 akan kembali di RESET,lalu dispenser 2 yang berisi *base peg* akan aktif dan menjatuhkan *base peg* ke konveyor 2,sehingga ketika konveyor berjalan dan *base peg* lewat dibawah chute 2 maka *washer* akan otomatis terpasang,dan solenoid 4 juga akan aktif sehingga hasil akhir perakitan *washer* metal dan plastik akan dipisah,pada proses perakitan ini konveyor 2 akan terus berjalan sampai *washer* masuk kedalam tempat hasil perakitan dan mengaktifkan sensor opto 5,sehingga ketika opto 5 aktif maka relay Y13 akan di RESET dan relay Y14 akan SET.

- Input 1 : Opto 3
- Output dari Input 1 : Chute 2 RESET
Dispenser 2 SET
Solenoid 4 SET
Konveyor 2 SET

D. Relay Y14

Relay yang keempat belas adalah Y14 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu Opto 5 dan tiga buah output yaitu dispenser 2 RESET,solenoid 4 RESET dan konveyor 2 RESET.Pada relay ini yang terjadi adalah ketika sensor opto 5 aktif maka proses perakitan telah selesai sehingga dispenser 2,solenoid 4 dan konveyor 2 semuanya akan di RESET lalu setelah proses mencapai relay ini maka proses akan diulang kembali dari relay Y1.

- Input 1 : Opto 5
- Output dari Input 1 : Dispenser 2 RESET
Solenoid 4 RESET
Konveyor 2 RESET

3.2.5 Perakitan *Washer* Plastik (Relay Y15-Y18)

Pada relay Y15 sampai Y18 yang terjadi adalah perakitan *washer* berbahan plastik,dimulai dari pengiriman *washer* dari konveyor atas ke

konveyor bawah, pemasangan *base peg* pada *washer* dan juga pemisahan tempat hasil akhir perakitan.

A. Relay Y15

Relay yang kelima belas adalah Y15 dimana pada relay ini terdapat dua buah input yaitu Timer 4 dan Koil Plastik dan juga terdapat lima buah output yaitu konveyor 1 SET, timer 4 RESET, solenoid 2 SET, memori plastik RESET dan timer 6 SET. Pada relay ini yang terjadi adalah ketika timer 4 diaktifkan pada relay Y10 maka konveyor 1 akan kembali berjalan setelah sebelumnya berhenti selama 0,7 detik saat pengecekan bahan dan timer 4 akan kembali di RESET, lalu saat koil plastik diaktifkan pada relay Y10, dimana koil plastik merupakan output dari memori plastik, maka solenoid 2 akan aktif untuk mengarahkan jalannya *washer* masuk ke dalam chute 1, lalu memori plastik akan kembali di RESET dan timer 6 akan SET dimana timer 6 merupakan time on delay 10s yang merupakan input bagi relay Y16, sehingga ketika timer 6 aktif maka relay Y15 akan di RESET dan relay Y16 akan SET.

- Input 1 : Timer 4
- Output dari Input 1 : Konveyor 1 SET
Timer 4 RESET
- Input 2 : Koil Plastik
- Output dari Input 2 : Solenoid 2 SET
Memori Plastik RESET
Timer 6 SET

B. Relay Y16

Relay yang keenam belas adalah Y16 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu timer 6 dan empat buah output yaitu konveyor 1 RESET, solenoid 2 RESET, timer 6 RESET dan chute 1 SET. Pada relay ini yang terjadi adalah ketika timer 6 aktif, dimana timer 6 diaktifkan pada relay Y15, maka konveyor 1 akan berhenti setelah 10 detik berjalan, dan solenoid 2 akan kembali terbuka seperti keadaan awalnya, lalu timer 6 akan di RESET dan chute 1 akan aktif sehingga *washer* akan jatuh ke konveyor 2 dan terbaca oleh sensor opto 4, sehingga apabila sensor opto 4 telah aktif maka relay Y16 akan di RESET dan relay Y17 akan SET.

- Input 1 : Timer 6
- Output dari Input 1 : Konveyor 1 RESET
Solenoid 2 RESET
Timer 6 RESET
Chute 1 SET

C. Relay Y17

Relay yang ketujuh belas adalah Y17 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu Opto 4 dan tiga buah output yaitu chute 1 RESET,dispenser 2 SET dan konveyor 2 SET.Pada relay ini yang terjadi adalah ketika chute 1 menjatuhkan *washer* sehingga sensor opto 4 aktif maka chute 1 akan kembali di RESET,lalu dispenser 2 yang berisi *base peg* akan aktif dan menjatuhkan *base peg* ke konveyor 2,sehingga ketika konveyor berjalan dan *base peg* lewat dibawah chute 1 maka *washer* akan otomatis terpasang,dan solenoid 4 tidak aktif sehingga hasil akhir perakitan *washer* metal dan plastik akan dipisah,pada proses perakitan ini konveyor 2 akan terus berjalan sampai *washer* masuk kedalam tempat hasil perakitan dan mengaktifkan sensor opto 6,sehingga ketika opto 6 aktif maka relay Y17 akan di RESET dan relay Y18 akan SET.

- Input 1 : Opto 4
- Output dari Input 1 : Chute 1 RESET
Dispenser 2 SET
Konveyor 2 SET

D. Relay Y18

Relay yang kedelapan belas adalah Y18 dimana pada relay ini terdapat sebuah input yaitu Opto 6 dan dua buah output yaitu dispenser 2 RESET dan konveyor 2 RESET.Pada relay ini yang terjadi adalah ketika sensor opto 6 aktif maka proses perakitan telah selesai sehingga dispenser 2 dan konveyor 2 semuanya akan di RESET lalu setelah proses mencapai relay ini maka proses akan diulang kembali dari relay Y1.

- Input 1 : Opto 6
- Output dari Input 1 : Dispenser 2 RESET
Konveyor 2 RESET

3.3 Persamaan Relay dan Memori

Setelah dilakukan pembagian kelompok relay Y1 sampai dengan Y18 maka langkah selanjutnya adalah mendapatkan persamaan dari tiap relay dan juga persamaan tiap anggota relay yaitu outputnya dimana untuk menjalankan fungsi set dan reset maka akan digunakan 20 buah memori pada pemrograman PLC,dimana memori set akan tetap mempertahankan nilainya sampai memori reset diaktifkan,sehingga tidak diperlukan *self holding*.

3.3.1 Persamaan Relay

A. Relay yang pertama adalah Y1

Dimana untuk keperluan *looping system* maka pada relay Y1 juga akan berhubungan dengan relay Y8, Y14 dan Y18 maka persamaan relay Y1 adalah :

$$\begin{aligned} Y1 \text{ SET} &= \text{Start} + (\text{Timer } 3 * Y8) + (\text{Opto } 5 * Y14) + (\text{Opto } 6 * Y18) \\ Y1 \text{ RESET} &= Y2 \end{aligned}$$

Ketika tombol start ditekan maka relay Y1 akan aktif, begitu juga ketika relay Y8, Y14 dan Y18 telah selesai dieksekusi maka relay Y1 juga akan kembali aktif dan saat relay selanjutnya yaitu relay Y2 aktif maka relay Y1 akan di RESET.

- Input 1 : Start
- Output dari Input 1 : Dispenser 1 SET
Height motor SET

B. Relay yang kedua adalah Y2

Pada relay Y1 *Height motor* akan aktif dan membuat sensor HTDC aktif, dimana hal tersebut juga akan mengaktifkan Y2, maka persamaan relay Y2 adalah:

$$\begin{aligned} Y2 \text{ SET} &= Y1 * \text{HTDC} \\ Y2 \text{ RESET} &= Y3 \end{aligned}$$

- Input 1: HTDC
- Output dari Input 1: Dispenser 1 RESET
Height motor RESET
Konveyor 1 SET

C. Relay yang ketiga adalah Y3

Pada relay Y2 konveyor 1 akan aktif dan membawa *washer* sampai pada sensor opto 1, saat sensor opto 1 aktif maka relay Y3 akan aktif, persamaan relay Y3 adalah:

$$\begin{aligned} Y3 \text{ SET} &= \text{Opto } 1 * Y2 \\ Y3 \text{ RESET} &= Y4 \end{aligned}$$

- Input 1: Opto 1
- Output dari Input 1: Konveyor 1 RESET
Timer 1 SET

D.Relay yang keempat adalah Y4

Pada relay Y3 konveyor 1 akan berhenti selama 0,9 detik,oleh karena itu timer 1 akan diaktifkan,saat timer 1 aktif maka relay Y4 juga akan aktif,sehingga persamaan relay Y4 adalah :

Y4 SET = Timer 1*Y3
Y4 RESET = Y5

- Input 1:Timer 1
- Output dari Input 1:Konveyor 1 SET
Timer 1 RESET
Timer 2 SET

E.Relay yang kelima adalah Y5

Pada relay Y4 konveyor 1 akan berjalan selama 1,4 detik,oleh karena itu timer 2 akan diaktifkan,saat timer 2 aktif maka relay Y5 juga akan aktif,sehingga persamaan relay Y5 adalah :

Y5 SET = Timer 2*Y4
Y5 RESET = Y6

- Input 1:Timer 2
- Output dari Input 1:Konveyor 1 RESET
Timer 2 RESET
Height motor SET

F.Relay yang keenam adalah Y6

Pada relay Y5 *height* motor akan kembali aktif dan saat ujung alat ukur ketinggian berada pada posisi tertinggi maka sensor HTDC akan aktif,saat HTDC aktif maka relay Y6 juga aktif,lalu untuk proses selanjutnya dapat terjadi dua kemungkinan, apabila hasil akhir yang aktif adalah *height* OK maka relay yang akan aktif selanjutnya adalah Y9,sedangkan apabila hasil akhir yang aktif adalah *reject* maka relay yang akan aktif selanjutnya adalah Y7,sehingga persamaan relay Y6 adalah :

Y6 SET = HTDC*Y5
Y6 RESET = Y7 + Y9

- Input 1:HTDC
- Output dari Input 1:Memori *Height* motor RESET

- Input 2: HBDC**too small***too big*
- Output dari Input 2: Memori *Height* OK SET
- Input 3: (HBDC**too small***too big*) + (HBDC**too small***too big*)
- Output dari Input 3: *Reject* SET

G. Relay yang ketujuh adalah Y7

Pada relay Y6 apabila tinggi *washer* tidak sesuai maka koil *reject* akan aktif, saat koil *reject* aktif maka relay Y7 juga akan aktif, sehingga persamaan relay Y7 adalah :

$$\begin{aligned} Y7 \text{ SET} &= \text{Koil } \textit{Reject} * Y6 \\ Y7 \text{ RESET} &= Y8 \end{aligned}$$

- Input 1: Koil *Reject*
- Output dari Input 1: Konveyor 1 SET
Reject RESET
Timer 3 SET

H. Relay yang kedelapan adalah Y8

Pada relay Y7 konveyor 1 akan berjalan selama 10 detik untuk membawa *washer* ke kotak pembuangan, sehingga timer 3 akan diaktifkan, saat timer 3 aktif maka relay Y8 akan aktif, dan karena tinggi *washer* tidak sesuai maka proses akan diulang dari relay Y1, sehingga persamaan relay Y8 adalah:

$$\begin{aligned} Y8 \text{ SET} &= \text{Timer 3} * Y7 \\ Y8 \text{ RESET} &= Y1 \end{aligned}$$

- Input 1 : Timer 3
- Output dari Input 1: Konveyor 1 RESET
Timer 3 RESET

I. Relay yang kesembilan adalah Y9

Pada relay Y6 ketika tinggi *washer* telah sesuai maka koil *height* OK akan aktif, saat koil *height* OK aktif maka relay Y9 juga akan aktif, sehingga persamaan relay Y9 adalah:

$$\begin{aligned} Y9 \text{ SET} &= \text{Koil } \textit{Height} \text{ OK} * Y6 \\ Y9 \text{ RESET} &= Y10 \end{aligned}$$

- Input 1: Koil *Height* OK
- Output dari Input 1: Konveyor 1 SET
Height OK RESET

J. Relay yang kesepuluh adalah Y10

Pada relay Y9 konveyor 1 akan kembali aktif dan membawa *washer* sampai kepada sensor opto 2, saat opto 2 aktif maka relay Y10 akan aktif, lalu pada relay ini akan terjadi pengecekan bahan sehingga akan terdapat dua kemungkinan dimana apabila sensor yang aktif adalah opto sensor 2 dan sensor induktif maka bahannya terbuat dari metal, sedangkan apabila hanya sensor opto 2 yang aktif sedangkan sensor induktif tidak aktif maka bahannya terbuat dari plastik. Apabila bahannya terbuat dari metal maka proses selanjutnya akan dilakukan oleh relay Y11, sedangkan apabila bahannya terbuat dari plastik maka proses selanjutnya akan dilakukan oleh Y15, sehingga persamaan Y10 adalah :

$\begin{aligned} Y10 \text{ SET} &= \text{Opto 2} * Y9 \\ Y10 \text{ RESET} &= Y11 + Y15 \end{aligned}$

- Input 1: Opto 2
- Output dari Input 1 : Konveyor 1 RESET
Timer 4 SET
- Input 2: Opto 2 * Induktif
- Output dari Input 2: Memori Metal SET
- Input 3: Opto 2 * *Induktif*
- Output dari Input 3: Memori Plastik SET

K. Relay yang kesebelas adalah Y11

Pada relay Y10 apabila *washer* terbuat dari metal maka koil metal akan aktif, saat koil metal aktif maka relay Y11 juga akan aktif, sehingga persamaan relay Y11 adalah :

$\begin{aligned} Y11 \text{ SET} &= \text{Koil Metal} * Y10 \\ Y11 \text{ RESET} &= Y12 \end{aligned}$
--

- Input 1 : Timer 4
- Output dari Input 1 : Konveyor 1 SET
Timer 4 RESET
- Input 2 : Koil Metal
- Output dari Input 2 : Solenoid 3 SET
Memori Metal RESET
Timer 5 SET

L.Relay yang kedua belas adalah Y12

Pada relay Y11 konveyor 1 akan berjalan selama 10 detik,oleh karena itu timer 5 akan diaktifkan,ketika timer 5 aktif maka relay Y12 akan aktif,sehingga persamaan relay Y12 adalah :

Y12 SET = Timer 5*Y11 Y12 RESET = Y13
--

- Input 1 : Timer 5
- Output dari Input 1 : Konveyor 1 RESET
Solenoid 3 RESET
Timer 5 RESET
Chute 2 SET

M.Relay yang ketiga belas adalah Y13

Pada relay Y12 chute 2 akan aktif sehingga *washer* akan jatuh dan mengaktifkan sensor opto 3,saat sensor opto 3 aktif maka relay Y13 juga aktif,maka persamaan relay Y13 adalah :

Y13 SET = Opto 3*Y12 Y13 RESET = Y14

- Input 1 : Opto 3
- Output dari Input 1 : Chute 2 RESET
Dispenser 2 SET
Solenoid 4 SET
Konveyor 2 SET

N.Relay yang keempat belas adalah Y14

Pada relay Y13 konveyor 2 akan aktif dan membawa *washer* yang telah dirakit sampai ke sensor opto 5,sehingga ketika opto 5 aktif maka relay Y14 juga akan aktif,lalu ketika relay Y14 telah selesai di eksekusi maka proses akan kembali diulang dari awal yaitu dari relay Y1,maka persamaan relay Y14 adalah :

Y14 SET = Opto 5*Y13 Y14 RESET = Y1
--

- Input 1 : Opto 5
- Output dari Input 1 : Dispenser 2 RESET
Solenoid 4 RESET
Konveyor 2 RESET

O.Relay yang kelima belas adalah Y15

Pada relay Y10 apabila *washer* terbuat dari plastik maka koil plastik akan aktif,saat koil plastik aktif maka relay Y11 juga akan aktif,sehingga persamaan relay Y11 adalah :

Y15 SET = Koil Plastik*Y10
Y15 RESET = Y16

- Input 1 : Timer 4
- Output dari Input 1 : Konveyor 1 SET
Timer 4 RESET
- Input 2 : Koil Plastik
- Output dari Input 2 : Solenoid 2 SET
Memori Plastik RESET
Timer 6 SET

P.Relay yang keenam belas adalah Y16

Pada relay Y15 konveyor 1 akan berjalan selama 10 detik,oleh karena itu timer 6 akan diaktifkan,ketika timer 6 aktif maka relay Y16 akan aktif,sehingga persamaan relay Y16 adalah :

Y16 SET = Timer 6*Y15
Y16 RESET = Y17

- Input 1 : Timer 6
- Output dari Input 1 : Konveyor 1 RESET
Solenoid 2 RESET
Timer 6 RESET
Chute 1 SET

Q.Relay yang ketujuh belas adalah Y17

Pada relay Y16 chute 1 akan aktif sehingga *washer* akan jatuh dan mengaktifkan sensor opto 4,saat sensor opto 4 aktif maka relay Y17 juga aktif,maka persamaan relay Y17 adalah :

Y17 SET = Opto 4*Y16
Y17 RESET = Y18

- Input 1 : Opto 4
- Output dari Input 1 : Chute 1 RESET
Dispenser 2 SET
Konveyor 2 SET

R.Relay yang kedelapan belas adalah Y18

Pada relay Y17 konveyor 2 akan aktif dan membawa *washer* yang telah dirakit sampai ke sensor opto 6,sehingga ketika opto 6 aktif maka relay Y18 juga akan aktif,lalu ketika relay Y18 telah selesai di eksekusi maka proses akan kembali diulang dari awal yaitu dari relay Y1,maka persamaan relay Y18 adalah :

$\begin{aligned} Y18 \text{ SET} &= \text{Opto 6} * Y17 \\ Y18 \text{ RESET} &= Y1 \end{aligned}$

- Input 1 : Opto 6
- Output dari Input 1 : Dispenser 2 RESET
Konveyor 2 RESET

3.3.2 Persamaan Memori

Memori yang pertama adalah M1 dimana M1 mewakili output PLC Dispenser 1.Kondisi M1 SET hanya terdapat pada relay Y1 dan M1 RESET hanya terdapat pada Y2,karena Y1 merupakan relay pertama maka inputnya yang berupa tombol START tidak perlu dimasukkan ke persamaan memori tetapi cukup dimasukkan ke persamaan relay Y1 saja,sehingga persamaan memori M1 adalah :

$\begin{aligned} M1 \text{ SET} &= Y1 \\ M1 \text{ RESET} &= Y2 * HTDC \end{aligned}$

Selanjutnya memori yang kedua adalah M2 dimana M2 mewakili output PLC *height* motor.Kondisi M2 SET terdapat pada relay Y1 dan Y5, sedangkan M2 RESET terdapat pada relay Y2 dan Y6,dimana sama seperti sebelumnya input START tidak perlu dimasukkan ke dalam persamaan memori.Persamaan memori M2 adalah :

$\begin{aligned} M2 \text{ SET} &= Y1 + (Y5 * \text{Timer 2}) \\ M2 \text{ RESET} &= (Y2 * HTDC) + (Y6 * HTDC) \end{aligned}$

Selanjutnya memori yang ketiga adalah M3 dimana M3 mewakili output PLC konveyor 1.Kondisi M3 SET terdapat pada relay Y2,Y4,Y7,Y9,Y11 dan Y15 ,sedangkan M3 RESET terdapat pada relay Y3,Y5,Y8,Y10,Y12 dan Y16.Persamaan memori M3 adalah :

$$M3 \text{ SET} = (Y2*HTDC) + (Y4*Timer \ 1) + (Y7*Koil \ Reject) + (Y9*Koil \ Height \ OK) + (Y11*Timer \ 4) + (Y15*Timer \ 4)$$

$$M3 \text{ RESET} = (Y3*Opto \ 1) + (Y5*Timer \ 2) + (Y8*Timer \ 3) + (Y10*Opto \ 2) + (Y12*Timer \ 5) + (Y16*Timer \ 6)$$

Selanjutnya memori yang keempat adalah M4 dimana M4 mewakili output tambahan koil *height* OK. Kondisi M4 SET hanya terdapat pada relay Y6 dan M4 RESET hanya terdapat pada relay Y9. Persamaan memori M4 adalah:

$$M4 \text{ SET} = Y6*HBDC*too \ small*too \ big$$

$$M4 \text{ RESET} = Y9*Koil \ Height \ OK$$

Selanjutnya memori yang kelima adalah M5 dimana M5 mewakili output tambahan koil *reject*. Kondisi M5 SET hanya terdapat pada relay Y6 dan M5 RESET hanya terdapat pada relay Y7. Persamaan memori M5 adalah:

$$M5 \text{ SET} = (Y6*HBDC*too \ small*\overline{too \ big}) + (Y6*HBDC*\overline{too \ small}*too \ big)$$

$$M5 \text{ RESET} = Y7*Koil \ Reject$$

Selanjutnya memori yang keenam adalah M6 dimana M6 mewakili output tambahan koil metal. Kondisi M6 SET hanya terdapat pada relay Y10 dan M6 RESET hanya terdapat pada relay Y11. Persamaan memori M6 adalah:

$$M6 \text{ SET} = Y10*Opto \ 2*Induktif$$

$$M6 \text{ RESET} = Y11*Koil \ Metal$$

Selanjutnya memori yang ketujuh adalah M7 dimana M7 mewakili output tambahan koil plastik. Kondisi M7 SET hanya terdapat pada relay Y10 dan M7 RESET hanya terdapat pada relay Y15. Persamaan memori M7 adalah:

$$M7 \text{ SET} = Y10*Opto \ 2*\overline{Induktif}$$

$$M7 \text{ RESET} = Y15*Koil \ Plastik$$

Selanjutnya memori yang kedelapan adalah M8 dimana M8 mewakili output PLC Solenoid 3. Kondisi M8 SET hanya terdapat pada relay Y11 dan M8 RESET hanya terdapat pada relay Y12. Persamaan memori M8 adalah :

M8 SET = Y11*Koil Metal
M8 RESET = Y12*Timer 5

Selanjutnya memori yang kesembilan adalah M9 dimana M9 mewakili output PLC chute 2. Kondisi M9 SET hanya terdapat pada relay Y12 dan M9 RESET hanya terdapat pada relay Y13. Persamaan memori M9 adalah:

M9 SET = Y12*Timer 5
M9 RESET = Y13*Opto 3

Selanjutnya memori yang kesepuluh adalah M10 dimana M10 mewakili output PLC dispenser 2. Kondisi M10 SET terdapat pada relay Y13 dan Y17, sedangkan M10 RESET terdapat pada relay Y14 dan Y18. Persamaan memori M10 adalah :

M10 SET = (Y13*Opto 3) + (Y17*Opto 4)
M10 RESET = (Y14*Opto 5) + (Y18*Opto 6)

Selanjutnya memori yang kesebelas adalah M11 dimana M11 mewakili output PLC solenoid 4. Kondisi M11 SET hanya terdapat pada relay Y13 dan M11 RESET hanya terdapat pada relay Y14. Persamaan memori M11 adalah

M11 SET = Y13*Opto 3
M11 RESET = Y14*Opto 5

Selanjutnya memori yang kedua belas adalah M12 dimana M12 mewakili output PLC konveyor 2. Kondisi M12 SET terdapat pada relay Y13 dan Y17, sedangkan M12 RESET terdapat pada relay Y14 dan Y18. Persamaan memori M12 adalah :

M12 SET = (Y13*Opto 3) + (Y17*Opto 4)
M12 RESET = (Y14*Opto 5) + (Y18*Opto 6)

Selanjutnya memori yang ketiga belas adalah M13 dimana M13 mewakili output PLC solenoid 2. Kondisi M13 SET hanya terdapat pada relay Y15 dan M13 RESET hanya terdapat pada relay Y16. Persamaan memori M13 adalah :

M13 SET = Y15*Koil Plastik
M13 RESET = Y16*Timer 6

Selanjutnya memori yang keempat belas adalah M14 dimana M14 mewakili output PLC chute 1. Kondisi M14 SET hanya terdapat pada relay Y16 dan M14 RESET hanya terdapat pada relay Y17. Persamaan memori M14 adalah :

$\begin{aligned} \text{M14 SET} &= \text{Y16} * \text{Timer 6} \\ \text{M14 RESET} &= \text{Y17} * \text{Opto 4} \end{aligned}$

Selanjutnya memori yang kelima belas adalah M15 dimana M15 mewakili timer 1. Kondisi M15 SET hanya terdapat pada relay Y3 dan M15 RESET hanya terdapat pada relay Y4. Persamaan memori M15 adalah:

$\begin{aligned} \text{M15 SET} &= \text{Y3} * \text{Opto 1} \\ \text{M15 RESET} &= \text{Y4} * \text{Timer 1} \end{aligned}$

Selanjutnya memori yang keenam belas adalah M16 dimana M16 mewakili timer 2. Kondisi M16 SET hanya terdapat pada relay Y4 dan M16 RESET hanya terdapat pada relay Y5. Persamaan memori M15 adalah :

$\begin{aligned} \text{M16 SET} &= \text{Y4} * \text{Timer 1} \\ \text{M16 RESET} &= \text{Y5} * \text{Timer 2} \end{aligned}$
--

Selanjutnya memori yang ketujuh belas adalah M17 dimana M17 mewakili timer 3. Kondisi M17 SET hanya terdapat pada relay Y7 dan M17 RESET hanya terdapat pada relay Y8. Persamaan memori M15 adalah :

$\begin{aligned} \text{M17 SET} &= \text{Y7} * \text{Koil Reject} \\ \text{M17 RESET} &= \text{Y8} * \text{Timer 3} \end{aligned}$
--

Selanjutnya memori yang kedelapan belas adalah M18 dimana M18 mewakili timer 4. Kondisi M18 SET hanya terdapat pada relay Y10, sedangkan M18 RESET terdapat pada relay Y11 dan Y15. Persamaan memori M18 adalah :

$\begin{aligned} \text{M18 SET} &= \text{Y10} * \text{Opto 2} \\ \text{M18 RESET} &= (\text{Y11} * \text{Timer 4}) + (\text{Y15} * \text{Timer 4}) \end{aligned}$

Selanjutnya memori yang kesembilan belas adalah M19 dimana M19 mewakili timer 5. Kondisi M19 SET hanya terdapat pada relay Y11 dan M19

$$M19 \text{ SET} = Y11 * \text{Koil Metal}$$
$$M19 \text{ RESET} = Y12 * \text{Timer 5}$$

Selanjutnya memori yang kedua puluh adalah M20 dimana M20 mewakili timer 6. Kondisi M20 SET hanya terdapat pada relay Y15 dan M20 RESET hanya terdapat pada relay Y16. Persamaan memori M20 adalah :

$$M20 \text{ SET} = Y15 * \text{Koil Plastik}$$
$$M20 \text{ RESET} = Y16 * \text{Timer 6}$$

Setelah mendapatkan persamaan 18 relay dan 20 memori maka langkah selanjutnya adalah meng-implementasikan persamaan tersebut menjadi *ladder diagram* pada program PLC yang akan dibahas pada bab 4.

--halaman ini sengaja dikosongkan--

BAB IV

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Implementasi dilakukan setelah persamaan relay dan persamaan memori telah didapat dengan metode yang digunakan. Tujuan dari Implementasi ini adalah agar dapat diketahui apakah *ladder diagram* yang dibuat berdasarkan persamaan yang didapat pada bab sebelumnya dapat membuat *plant* berjalan sesuai dengan yang diinginkan atau tidak. Pada bab ini akan dibahas implementasi yang berisi tentang koneksi *plant* dengan PLC dan juga tentang pembuatan *ladder diagram*.

4.1 Proses Implementasi

Pada proses implementasi yang menjadi faktor keberhasilan dari implementasi adalah *power supply*, pengkabelan dan *plant*. *power supply* digunakan sebagai sumber tenaga listrik bagi PLC dan *plant dual conveyor*, pengkabelan dilakukan untuk menghubungkan PLC dengan *plant* agar dapat terjadi pengiriman output dari PLC menuju ke aktuator atau menerima input dari sensor ke PLC.

4.1.1 Pengkabelan

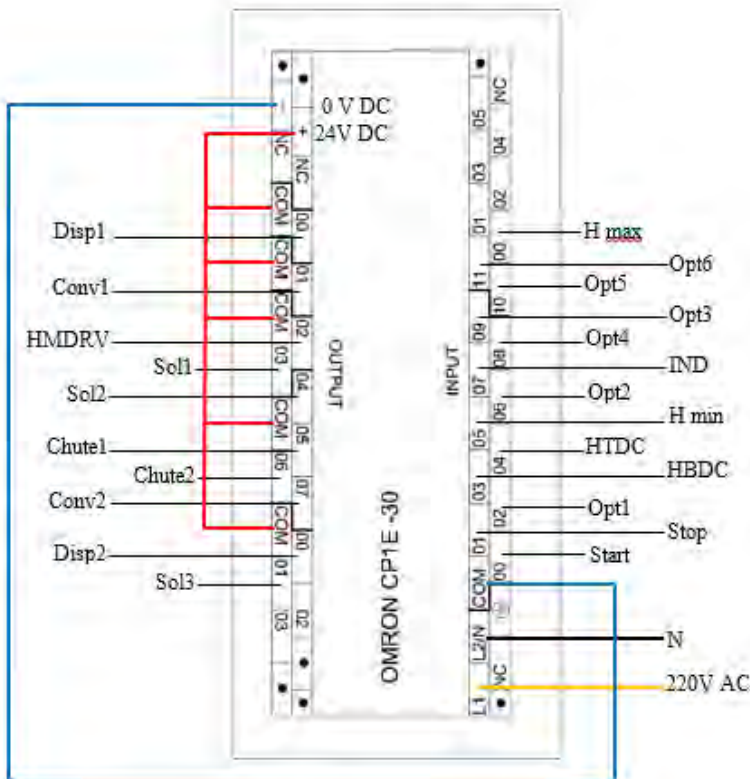
Untuk menghubungkan kontroler dengan *plant dual conveyor* memerlukan suatu koneksi agar keduanya dapat berkomunikasi. Untuk koneksi ini telah tersedia PCB *interface* yang memudahkan pengkabelan antara PLC dengan *plant*. Di dalamnya terdapat terminal soket khusus untuk pemasangan kabel dari *input* dan *output* PLC agar terhubung dengan sensor dan aktuator yang terdapat pada *plant dual conveyor*.



Gambar 4.1 *PCB Interface*

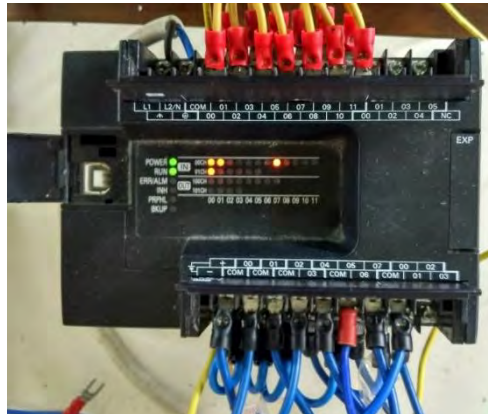
Pada pemasangan kabel pada PLC harus menyesuaikan dengan pengalaman yang telah ditentukan yang dijelaskan pada bab 3. Tandai setiap kabel sesuai dengan alamat yang akan dihubungkan, hal ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya pemasangan kabel pada alamat yang salah. Pada PLC terdapat *port* terminal dengan alamat khusus yaitu COM, pengkabelan pada COM menggunakan teknik *sourcing*

Berikut merupakan skema pengkabelan PLC yang telah disesuaikan dengan pengalaman pada tabel 4.1.



Gambar 4.2 Pengkabelan PLC

Pastikan seluruh kabel terpasang dengan benar, bisa menggunakan Avo meter untuk tes koneksi dari PLC menuju PCB *Interface*, kemudian tes koneksi dari *Interface* menuju sensor atau aktuator jika diperlukan. Proses tes ini bisa dilakukan juga untuk menyelesaikan masalah jika terjadi ketidaksesuaian antara program yang sedang berjalan pada *ladder diagram* di PLC dengan kondisi aktual pada *plant dua conveyor*.



Gambar 4.3 Hasil pengkabelan

4.1.2 Pembuatan *Ladder Diagram*

Setelah persamaan relay dan memori berhasil didapat pada bab sebelumnya maka *ladder diagram* pada program PLC dapat dibuat berdasarkan persamaan tersebut. Pada sub-bab ini akan dibahas mengenai pembuatan *ladder diagram* relay dan *ladder diagram* memori. Sebelum masuk ke pembuatan *ladder diagram* maka akan dibahas mengenai input-output PLC, output tambahan dan juga timer yang digunakan dalam *ladder diagram*.

Yang pertama adalah input-output PLC dimana terdapat 13 input dan 10 output bagi PLC yang berasal dari sensor, push button dan aktuator yang terdapat pada *plant*. Berikut akan diberikan tabel yang berisi daftar 13 input dan 10 output PLC beserta alamatnya :

No.	INPUT		OUTPUT	
	NAMA	ALAMAT	NAMA	ALAMAT
1	Start	00.0	DISP1 (M1)	100.00
2	Stop	00.1	CONV1 (M3)	100.01
3	OPT1	00.2	HTMotor (M2)	100.02
4	HBDC	00.3	SOL2 (M13)	100.03
5	HTDC	00.4	SOL3 (M8)	100.04
6	Too Small	00.5	Chute 1 (M14)	100.05
7	OPT2	00.6	Chute 2 (M9)	100.06
8	INDUCTIVE	00.7	CONV2 (M12)	100.07
9	OPT4 (Chute 1)	00.8	DISP2 (M10)	101.00
10	OPT3 (Chute 2)	00.9	SOL4 (M11)	101.01
11	OPT5 (Metal)	00.10		
12	OPT6 (Plastic)	00.11		
13	Too Big	01.00		

Tabel 4.1 Input dan Output PLC

Selain 10 output bagi PLC juga terdapat 4 buah output tambahan yaitu:

No.	OUTPUT TAMBAHAN	
	NAMA	MEMORI
1	Koil Height OK	M4
2	Koil Reject	M5
3	Koil Metal	M6
4	Koil Plastik	M7

Tabel 4.2 Output Tambahan

Pada *ladder diagram* juga digunakan 6 buah timer yang berupa *time on delay*, yaitu :

No.	TIMER	
	NAMA	MEMORI
1	Timer 1 (0,9s)	M15
2	Timer 2 (1,4s)	M16
3	Timer 3 (10s)	M17
4	Timer 4 (0,7s)	M18
5	Timer 5 (10s)	M19
6	Timer 6 (10s)	M20

Tabel 4.3 Timer *time on delay*

4.1.2.1 Ladder Diagram Relay

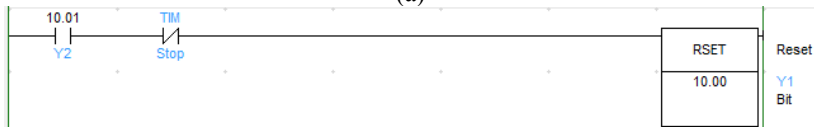
Relay yang pertama adalah Y1 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y1 \text{ SET} &= \text{Start} + (\text{Timer } 3 * Y8) + (\text{Opto } 5 * Y14) + (\text{Opto } 6 * Y18) \\ Y1 \text{ RESET} &= Y2 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



(a)



(b)

Gambar 4.4 (a) Y1 SET (b) Y1 RESET

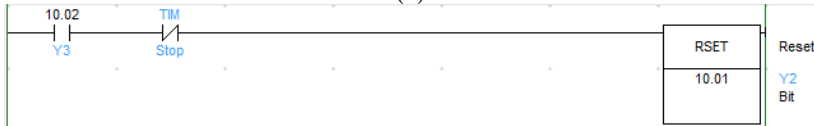
Relay yang kedua adalah Y2 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y2 \text{ SET} &= Y1 * \text{HTDC} \\ Y2 \text{ RESET} &= Y3 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



(a)



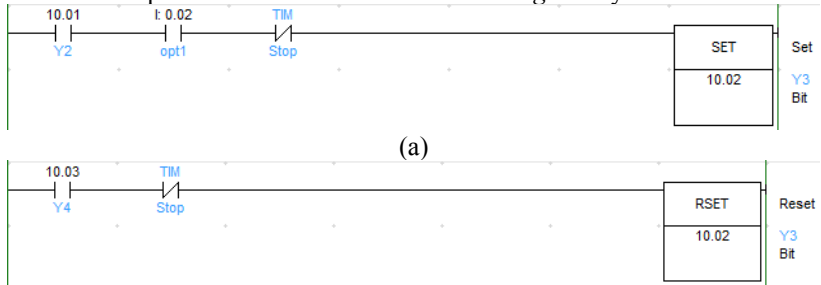
(b)

Gambar 4.5 (a) Y2 SET (b) Y2 RESET

Relay yang ketiga adalah Y3 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y3 \text{ SET} &= \text{Opto 1} * Y2 \\ Y3 \text{ RESET} &= Y4 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

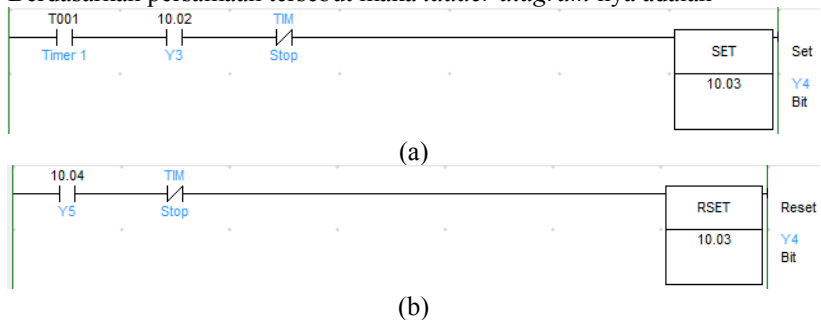


(b)
Gambar 4.6 (a) Y3 SET (b) Y3 RESET

Relay yang keempat adalah Y4 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y4 \text{ SET} &= \text{Timer 1} * Y3 \\ Y4 \text{ RESET} &= Y5 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

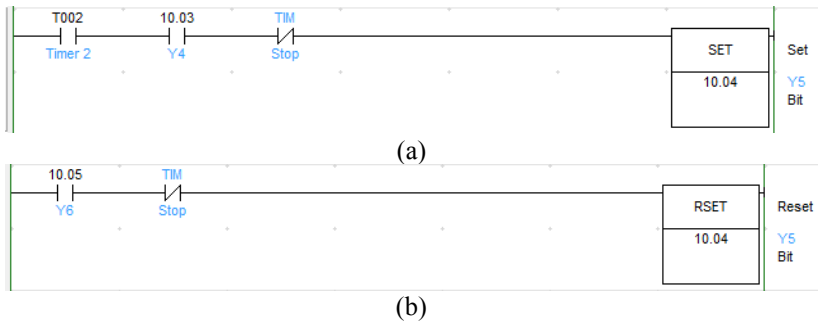


(b)
Gambar 4.7 (a) Y4 SET (b) Y4 RESET

Relay yang kelima adalah Y5 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y5 \text{ SET} &= \text{Timer 2} * Y4 \\ Y5 \text{ RESET} &= Y6 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

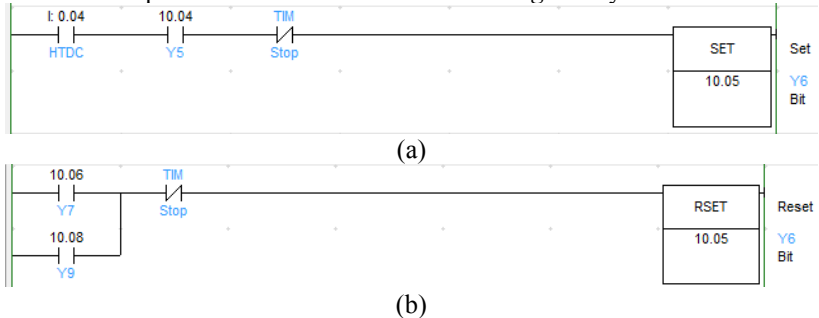


Gambar 4.8 (a) Y5 SET (b) Y5 RESET

Relay yang keenam adalah Y6 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y6 \text{ SET} &= HTDC * Y5 \\ Y6 \text{ RESET} &= Y7 + Y9 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

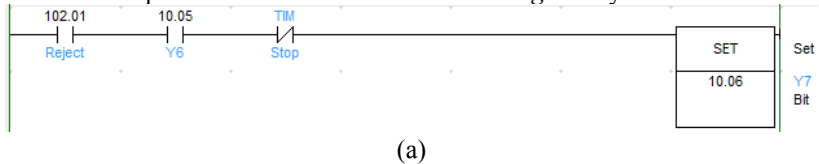


Gambar 4.9 (a) Y6 SET (b) Y6 RESET

Relay yang ketujuh adalah Y7 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y7 \text{ SET} &= \text{Koil Reject} * Y6 \\ Y7 \text{ RESET} &= Y8 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah





(b)

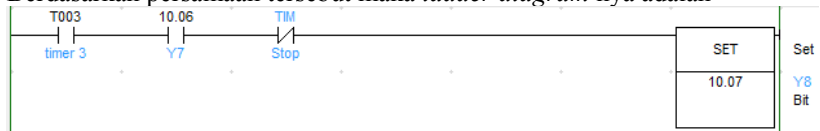
Gambar 4.10 (a) Y7 SET (b) Y7 RESET

Relay yang kedelapan adalah Y8 yang memiliki persamaan :

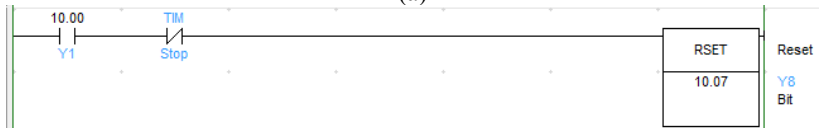
$$Y8 \text{ SET} = \text{Timer 3} * Y7$$

$$Y8 \text{ RESET} = Y1$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



(a)



(b)

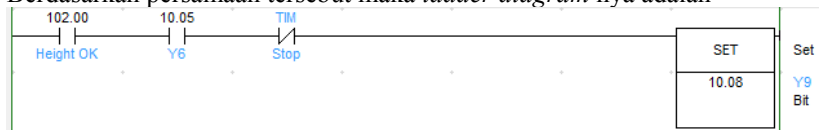
Gambar 4.11 (a) Y8 SET (b) Y8 RESET

Relay yang kesembilan adalah Y9 yang memiliki persamaan :

$$Y9 \text{ SET} = \text{Koil Height OK} * Y6$$

$$Y9 \text{ RESET} = Y10$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



(a)



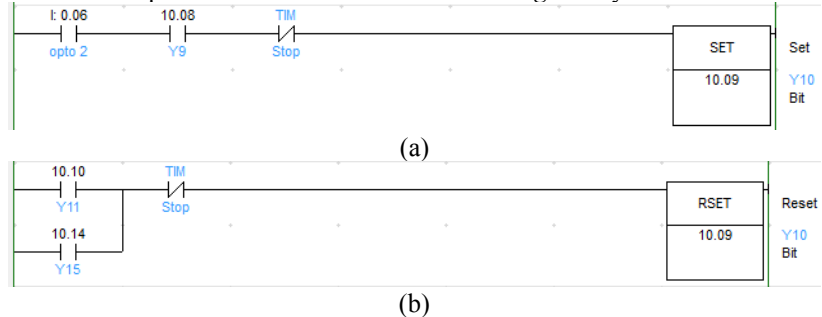
(b)

Gambar 4.12 (a) Y9 SET (b) Y9 RESET

Relay yang kesepuluh adalah Y10 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y10 \text{ SET} &= \text{Opto 2} * Y9 \\ Y10 \text{ RESET} &= Y11 + Y15 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

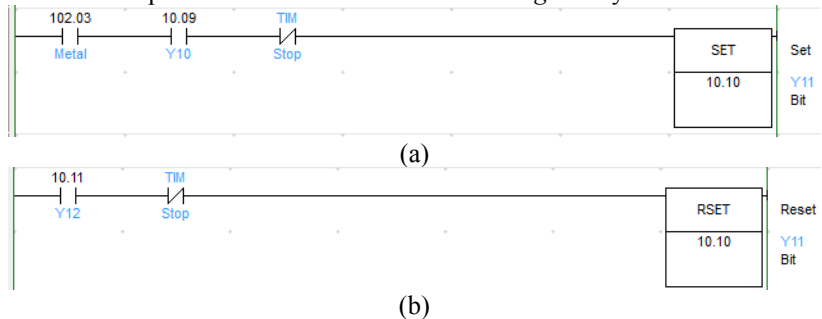


Gambar 4.13 (a) Y10 SET (b) Y10 RESET

Relay yang kesebelas adalah Y11 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y11 \text{ SET} &= \text{Koil Metal} * Y10 \\ Y11 \text{ RESET} &= Y12 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

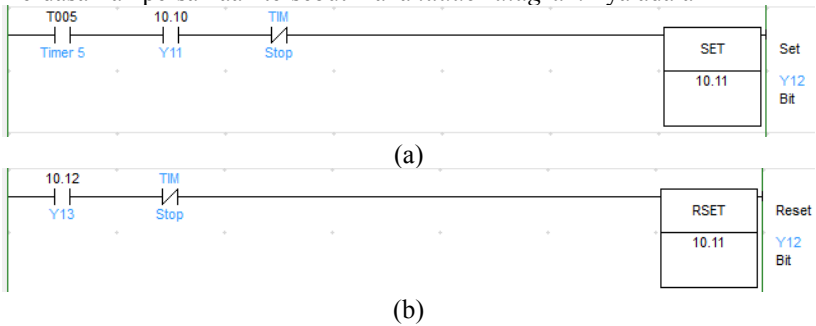


Gambar 4.14 (a) Y11 SET (b) Y11 RESET

Relay yang kedua belas adalah Y12 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y12 \text{ SET} &= \text{Timer 5} * Y11 \\ Y12 \text{ RESET} &= Y13 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

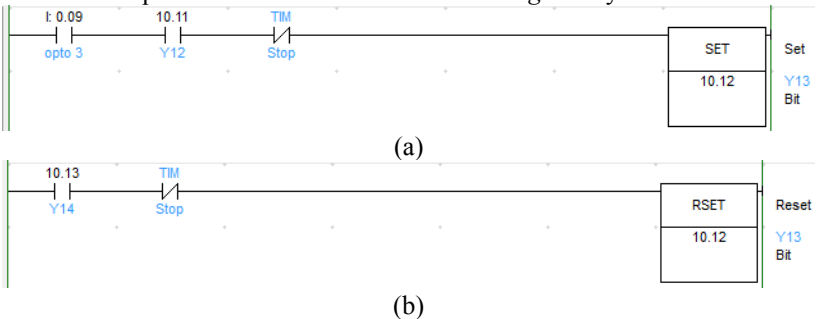


Gambar 4.15 (a) Y12 SET (b) Y12 RESET

Relay yang ketiga belas adalah Y13 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y13 \text{ SET} &= \text{Opto 3} * Y12 \\ Y13 \text{ RESET} &= Y14 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

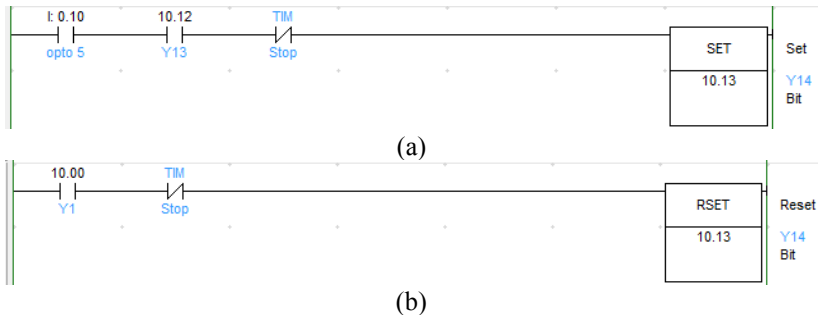


Gambar 4.16 (a) Y13 SET (b) Y13 RESET

Relay yang keempat belas adalah Y14 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y14 \text{ SET} &= \text{Opto 5} * Y13 \\ Y14 \text{ RESET} &= Y1 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

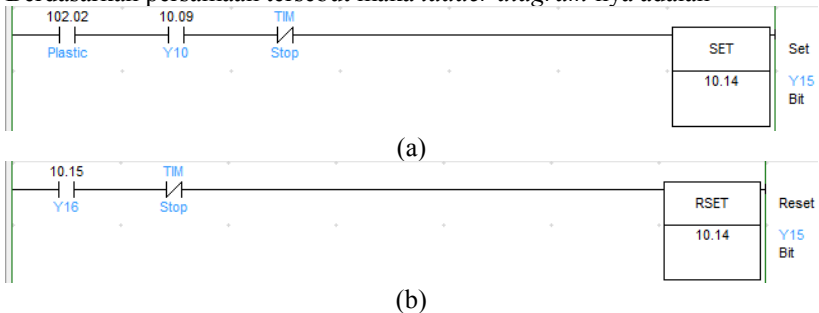


Gambar 4.17 (a) Y14 SET (b) Y14 RESET

Relay yang kelima belas adalah Y15 yang memiliki persamaan :

Y15 SET = Koil Plastik*Y10
Y15 RESET = Y16

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

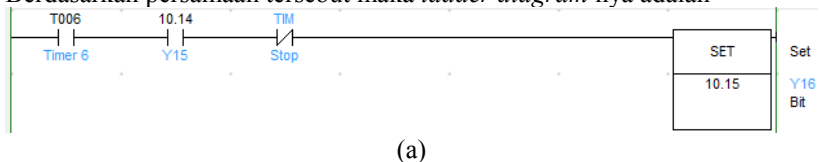


Gambar 4.18 (a) Y15 SET (b) Y15 RESET

Relay yang keenam belas adalah Y16 yang memiliki persamaan :

Y16 SET = Timer 6*Y15
Y16 RESET = Y17

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah





(b)

Gambar 4.19 (a) Y16 SET (b) Y16 RESET

Relay yang ketujuh belas adalah Y17 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y17 \text{ SET} &= \text{Opto 4} * Y16 \\ Y17 \text{ RESET} &= Y18 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



(a)



(b)

Gambar 4.20 (a) Y17 SET (b) Y17 RESET

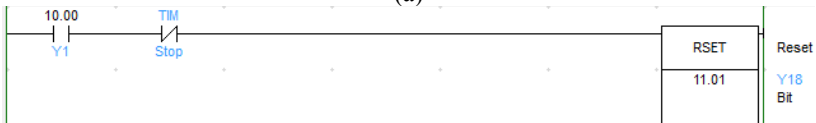
Relay yang kedelapan belas adalah Y18 yang memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} Y18 \text{ SET} &= \text{Opto 6} * Y17 \\ Y18 \text{ RESET} &= Y1 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



(a)



(b)

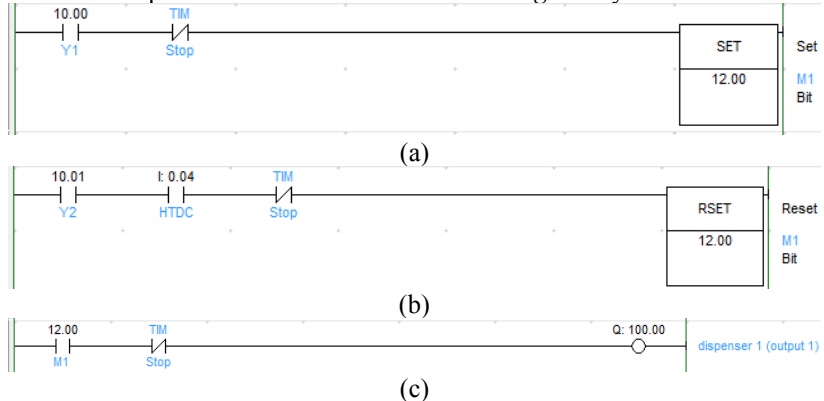
Gambar 4.21 (a) Y18 SET (b) Y18 RESET

4.1.2.2 Ladder Diagram Memori

Memori yang pertama adalah M1 dimana M1 mewakili output PLC Dispenser 1. Memori M1 memiliki persamaan:

$$\begin{aligned} M1 \text{ SET} &= Y1 \\ M1 \text{ RESET} &= Y2 * HTDC \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

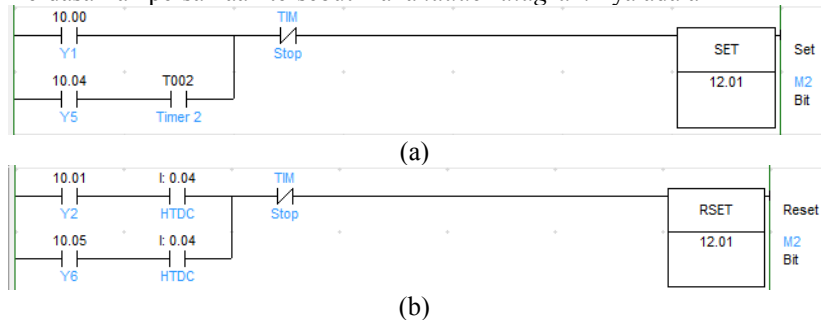


Gambar 4.22 (a) M1 SET (b) M1 RESET (c) M1=Dispenser 1

Memori yang kedua adalah M2 dimana M2 mewakili output PLC *height* motor. Memori M2 memiliki persamaan:

$$\begin{aligned} M2 \text{ SET} &= Y1 + (Y5 * \text{Timer 2}) \\ M2 \text{ RESET} &= (Y2 * \text{HTDC}) + (Y6 * \text{HTDC}) \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah





(c)

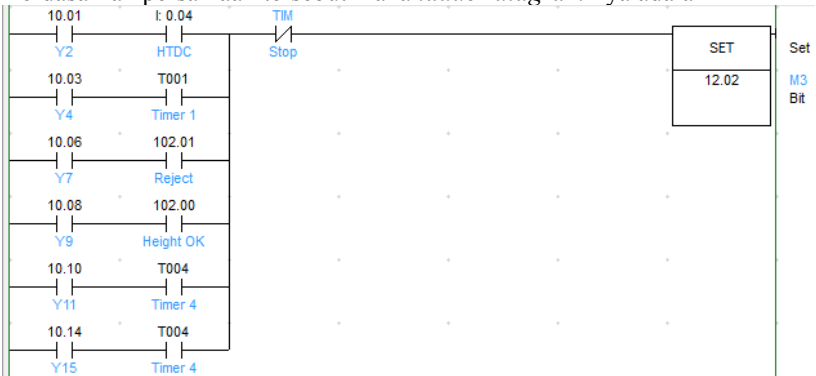
Gambar 4.23 (a) M2 SET (b) M2 RESET (c) M2=Height Motor

Memori yang ketiga adalah M3 dimana M3 mewakili output PLC konveyor 1. Memori M3 memiliki persamaan:

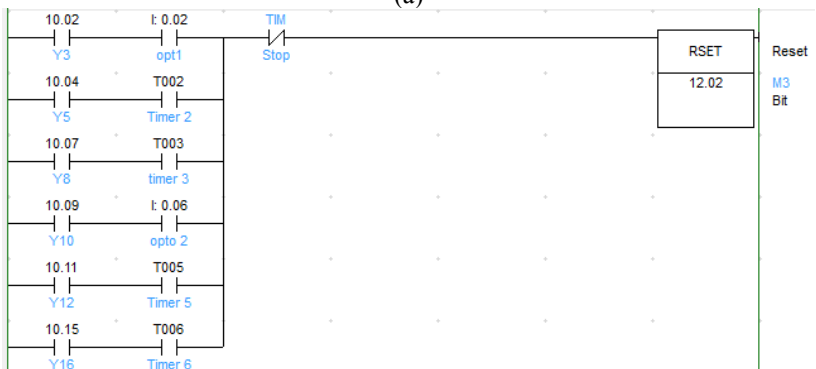
$$M3 \text{ SET} = (Y2 * HTDC) + (Y4 * \text{Timer 1}) + (Y7 * \text{Koil Reject}) + (Y9 * \text{Koil Height OK}) + (Y11 * \text{Timer 4}) + (Y15 * \text{Timer 4})$$

$$M3 \text{ RESET} = (Y3 * \text{Opto 1}) + (Y5 * \text{Timer 2}) + (Y8 * \text{Timer 3}) + (Y10 * \text{Opto 2}) + (Y12 * \text{Timer 5}) + (Y16 * \text{Timer 6})$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



(a)



(b)



(c)

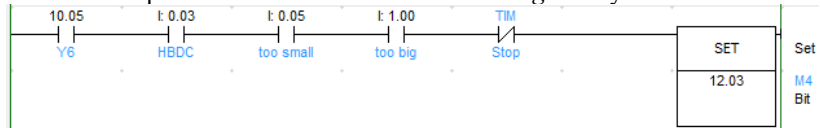
Gambar 4.24 (a) M3 SET (b) M3 RESET (c) M3=Konveyor 1

Memori yang keempat adalah M4 dimana M4 mewakili output tambahan koil *height OK*. Memori M4 memiliki persamaan:

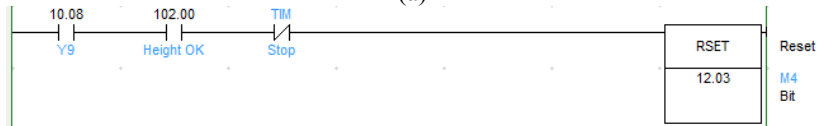
$$\text{M4 SET} = Y6 * \text{HBDC} * \text{too small} * \text{too big}$$

$$\text{M4 RESET} = Y9 * \text{Koil Height OK}$$

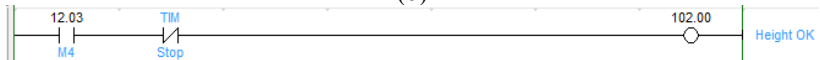
Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



(a)



(b)



(c)

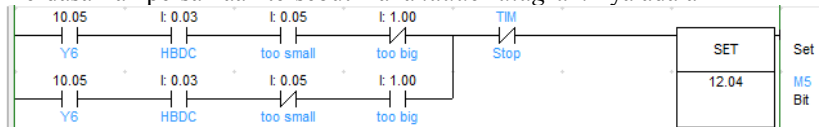
Gambar 4.25 (a) M4 SET (b) M4 RESET (c) M4=Height OK

Memori yang kelima adalah M5 dimana M5 mewakili output tambahan koil *Reject*. Memori M5 memiliki persamaan:

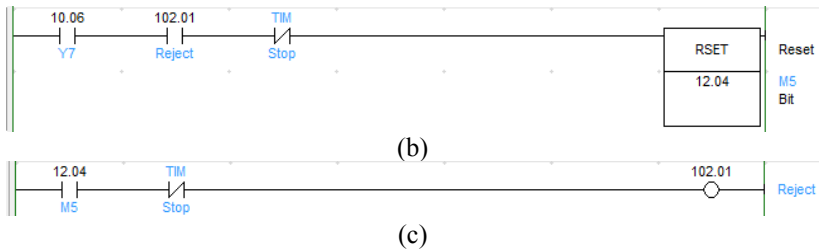
$$\text{M5 SET} = (Y6 * \text{HBDC} * \text{too small} * \text{too big}) + (Y6 * \text{HBDC} * \text{too small} * \text{too big})$$

$$\text{M5 RESET} = Y7 * \text{Koil Reject}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



(a)

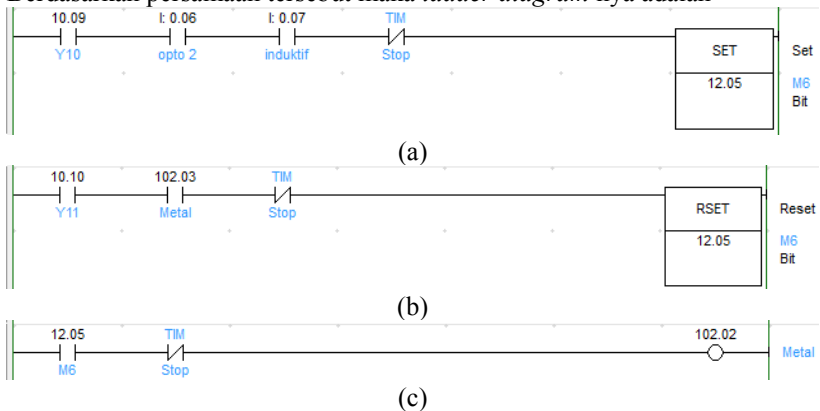


Gambar 4.26 (a) M5 SET (b) M5 RESET (c) M5=Reject

Memori yang keenam adalah M6 dimana M6 mewakili output tambahan koil Metal .Memori M6 memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} \text{M6 SET} &= Y10 * \text{Opto 2} * \text{Induktif} \\ \text{M6 RESET} &= Y11 * \text{Koil Metal} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

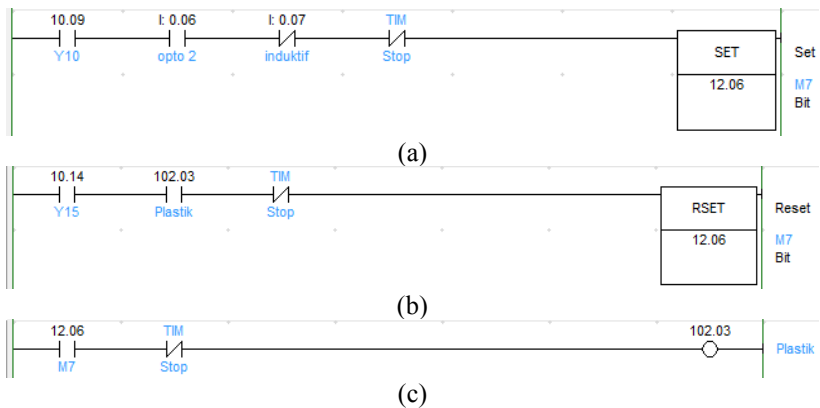


Gambar 4.27 (a) M6 SET (b) M6 RESET (c) M6=Koil Metal

Memori yang ketujuh adalah M7 dimana M7 mewakili output tambahan koil Plastik .Memori M7 memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} \text{M7 SET} &= Y10 * \text{Opto 2} * \overline{\text{Induktif}} \\ \text{M7 RESET} &= Y15 * \text{Koil Plastik} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

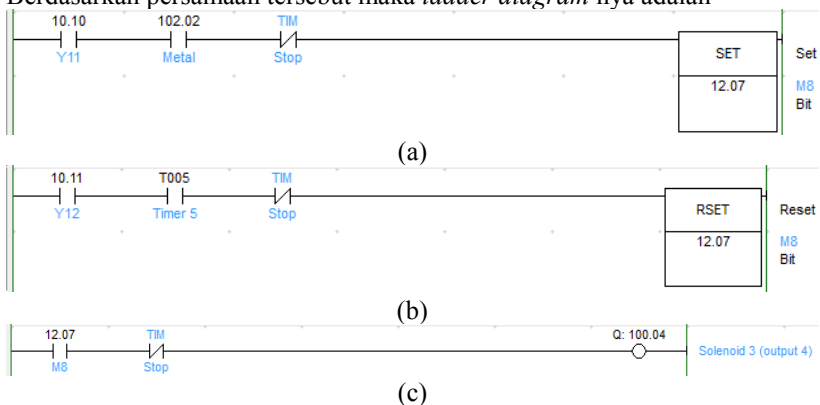


Gambar 4.28 (a) M7 SET (b) M7 RESET (c) M7=Koil Plastik

Memori yang kedelapan adalah M8 dimana M8 mewakili output PLC solenoid 3. Memori M8 memiliki persamaan:

$$\begin{aligned} \text{M8 SET} &= \text{Y11} * \text{Koil Metal} \\ \text{M8 RESET} &= \text{Y12} * \text{Timer 5} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

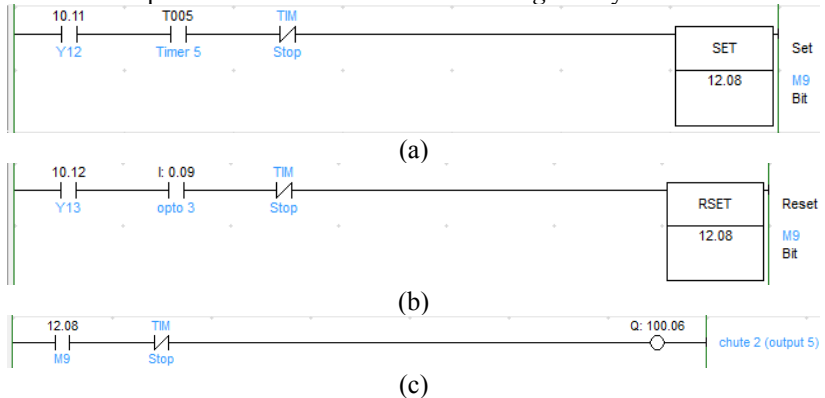


Gambar 4.29 (a) M8 SET (b) M8 RESET (c) M8=Solenoid 3

Memori yang kesembilan adalah M9 dimana M9 mewakili output PLC chute
 2. Memori M9 memiliki persamaan:

$$\begin{aligned} \text{M9 SET} &= \text{Y12} * \text{Timer 5} \\ \text{M9 RESET} &= \text{Y13} * \text{Opto 3} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

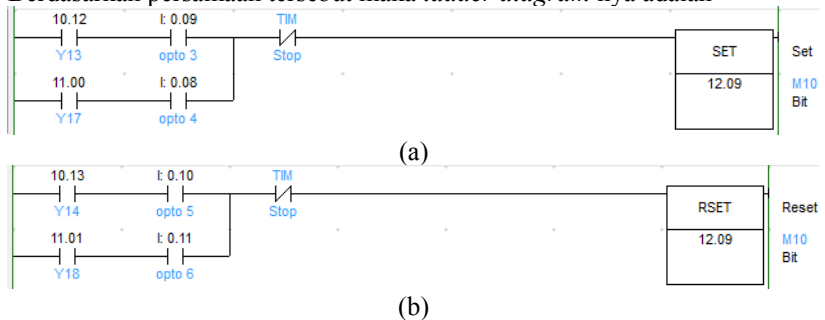


Gambar 4.30 (a) M9 SET (b) M9 RESET (c) M9=Chute 2

Memori yang kesepuluh adalah M10 dimana M10 mewakili output PLC dispenser 2. Memori M10 memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} \text{M10 SET} &= (\text{Y13} * \text{Opto 3}) + (\text{Y17} * \text{Opto 4}) \\ \text{M10 RESET} &= (\text{Y14} * \text{Opto 5}) + (\text{Y18} * \text{Opto 6}) \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah





(c)

Gambar 4.31 (a) M10 SET (b) M10 RESET (c) M10=Dispenser 2

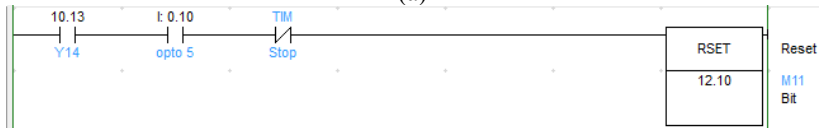
Memori yang kesebelas adalah M11 dimana M11 mewakili output PLC solenoid 4. Memori M11 memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} \text{M11 SET} &= \text{Y13} * \text{Opto 3} \\ \text{M11 RESET} &= \text{Y14} * \text{Opto 5} \end{aligned}$$

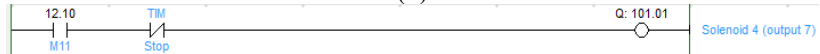
Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



(a)



(b)



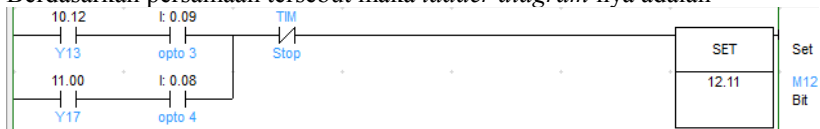
(c)

Gambar 4.32 (a) M11 SET (b) M11 RESET (c) M11=Solenoid 4

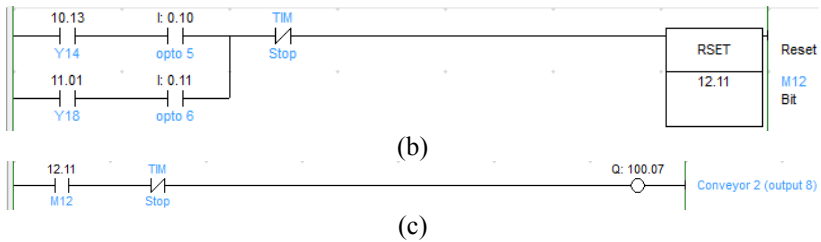
Memori yang kedua belas adalah M12 dimana M12 mewakili output PLC konveyor 2. Memori M12 memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} \text{M12 SET} &= (\text{Y13} * \text{Opto 3}) + (\text{Y17} * \text{Opto 4}) \\ \text{M12 RESET} &= (\text{Y14} * \text{Opto 5}) + (\text{Y18} * \text{Opto 6}) \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



(a)

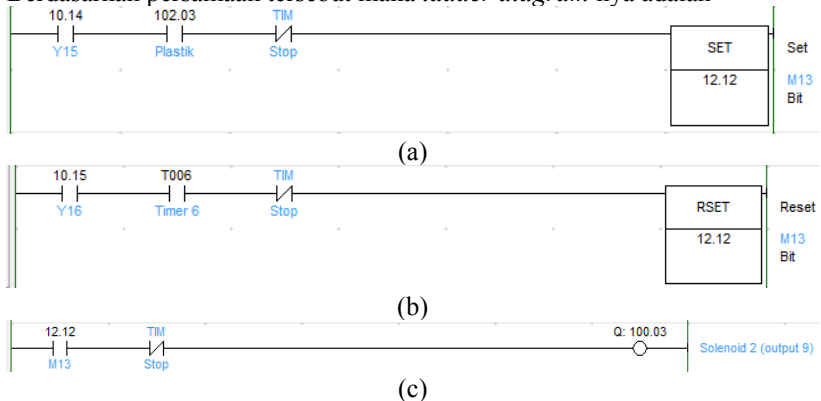


Gambar 4.33 (a) M12 SET (b) M12 RESET (c) M12=Konveyor 2

Memori yang ketiga belas adalah M13 dimana M13 mewakili output PLC solenoid 2. Memori M13 memiliki persamaan :

M13 SET = Y15*Koil Plastik
M13 RESET = Y16*Timer 6

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

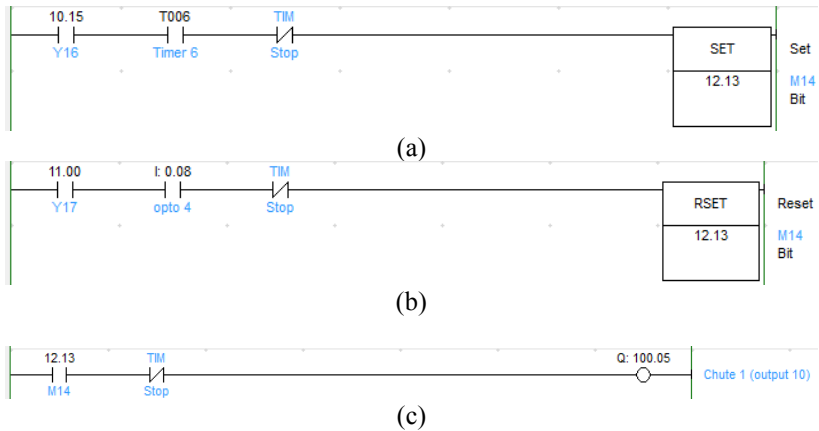


Gambar 4.34 (a) M13 SET (b) M13 RESET (c) M13=Solenoid 2

Memori yang keempat belas adalah M14 dimana M14 mewakili output PLC chute 1. Memori M14 memiliki persamaan :

M14 SET = Y16*Timer 6
M14 RESET = Y17*Opto 4

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

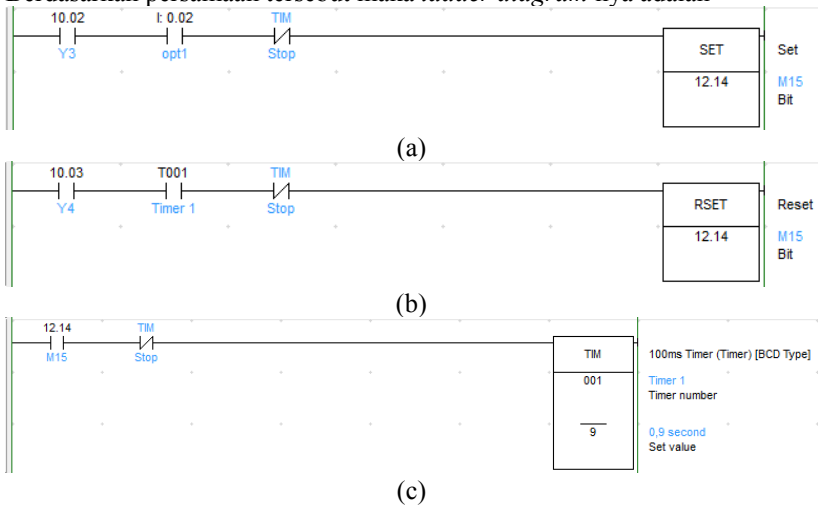


Gambar 4.35 (a) M14 SET (b) M14 RESET (c) M14=Chute 1

Memori yang kelima belas adalah M15 dimana M15 mewakili Timer 1. Memori M15 memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} \text{M15 SET} &= \text{Y3} * \text{Opto 1} \\ \text{M15 RESET} &= \text{Y4} * \text{Timer 1} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

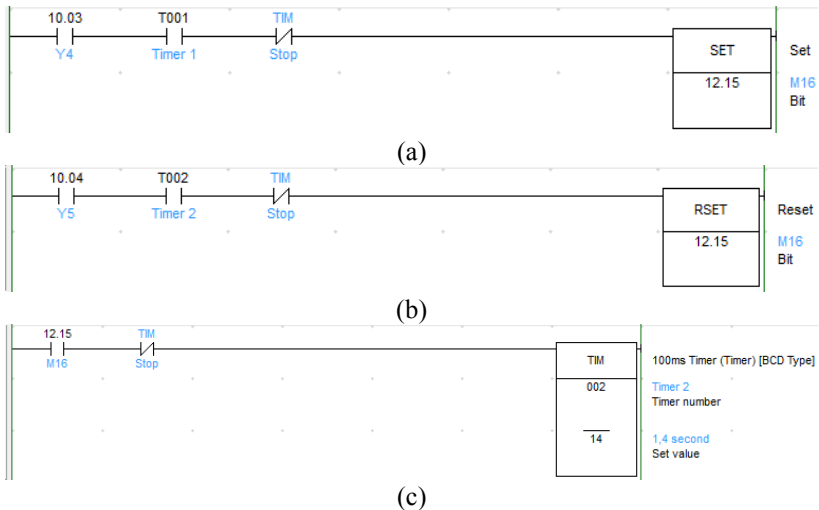


Gambar 4.36 (a) M15 SET (b) M15 RESET (c) M15=Timer 1

Memori yang keenam belas adalah M16 dimana M16 mewakili Timer 2. Memori M16 memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} M16 \text{ SET} &= Y4 * \text{Timer 1} \\ M16 \text{ RESET} &= Y5 * \text{Timer 2} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

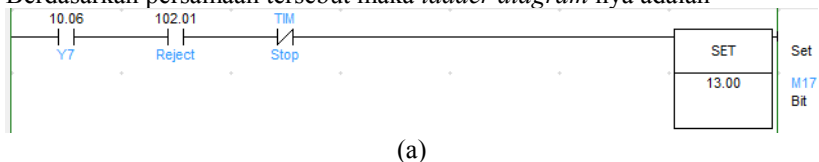


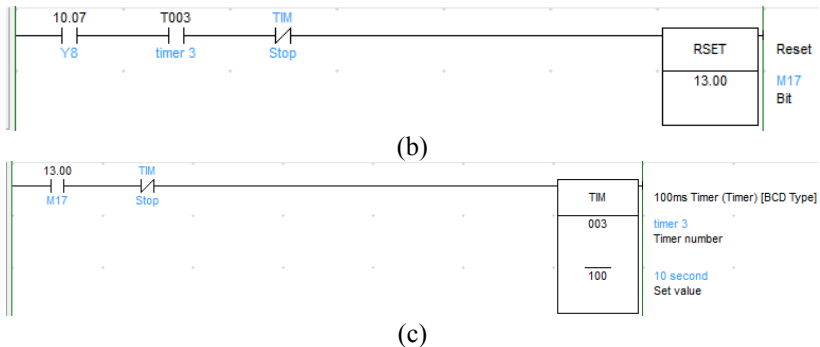
Gambar 4.37 (a) M16 SET (b) M16 RESET (c) M16=Timer 2

Memori yang ketujuh belas adalah M17 dimana M17 mewakili Timer 3. Memori M17 memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} M17 \text{ SET} &= Y7 * \text{Koil Reject} \\ M17 \text{ RESET} &= Y8 * \text{Timer 3} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah



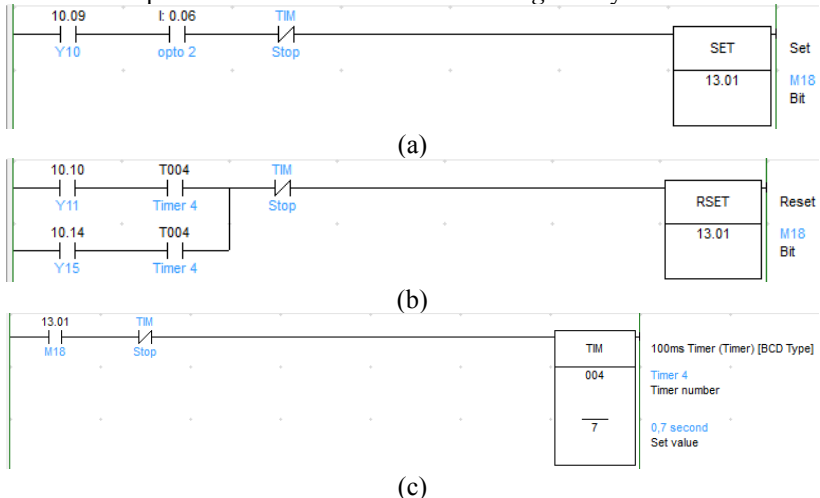


Gambar 4.38 (a) M17 SET (b) M17 RESET (c) M17=Timer 3

Memori yang kedelapan belas adalah M18 dimana M18 mewakili Timer 4. Memori M18 memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} \text{M18 SET} &= Y10 * \text{Opto 2} \\ \text{M18 RESET} &= (Y11 * \text{Timer 4}) + (Y15 * \text{Timer 4}) \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

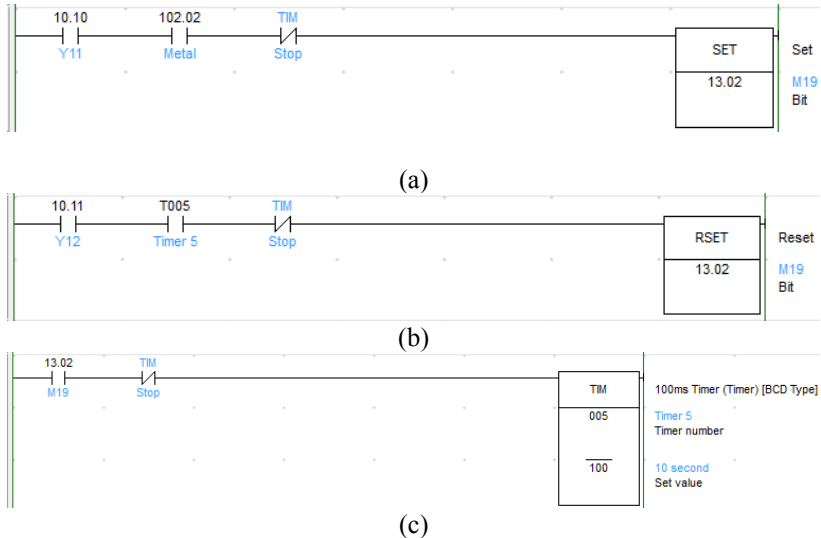


Gambar 4.39 (a) M18 SET (b) M18 RESET (c) M18=Timer 4

Memori yang kesembilan belas adalah M19 dimana M19 mewakili Timer 5.
 5. Memori M19 memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} \text{M19 SET} &= \text{Y11} * \text{Koil Metal} \\ \text{M19 RESET} &= \text{Y12} * \text{Timer 5} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah

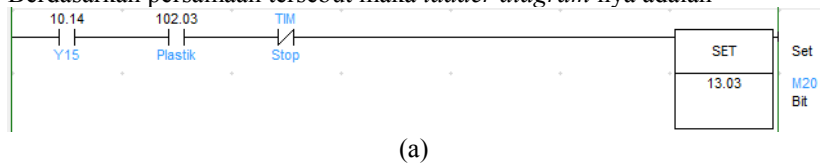


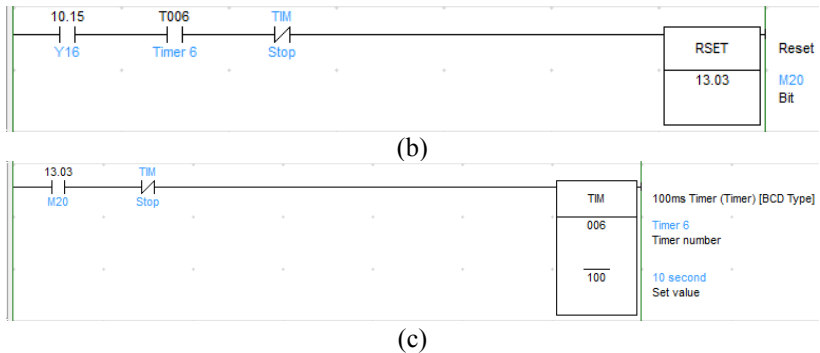
Gambar 4.40 (a) M19 SET (b) M19 RESET (c) M19=Timer 5

Memori yang kedua puluh adalah M20 dimana M20 mewakili Timer 6.
 6. Memori M20 memiliki persamaan :

$$\begin{aligned} \text{M20 SET} &= \text{Y15} * \text{Koil Plastik} \\ \text{M20 RESET} &= \text{Y16} * \text{Timer 6} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan tersebut maka *ladder diagram* nya adalah





Gambar 4.41 (a) M20 SET (b) M20 RESET (c) M20=Timer 6

4.2 Pengujian Sistem

Saat dilakukan pengujian sistem maka hasil yang didapat sesuai dengan yang diinginkan dimana proses penyeleksian dan perakitan part sesuai dengan yang diinginkan akan tetapi ada kejadian yang tidak semestinya terjadi pada chute 1 dan chute 2 yaitu *washer* terpental keluar dari jalurnya dan juga pada dispenser 2 dimana *base peg* juga terpental keluar jalur. Untuk mengatasi *washer* yang keluar jalur maka diberi penutup yang terbuat dari kertas pada chute 1 dan chute 2, sedangkan untuk *base peg* yang keluar jalur maka diambil secara manual dengan tangan agar kembali ke jalurnya.

--halaman ini sengaja dikosongkan--

BAB V

PENUTUP

Hasil dari perancangan dan penelitian Tugas Akhir dirangkum dan dirumuskan kesimpulan. Kesimpulan ini menerangkan hasil dari pengujian dan simulasi yang telah dilaksanakan. Lalu untuk keperluan selanjutnya maka penulis akan memberikan saran.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Metoda Cascade yang terdiri dari tiga langkah memiliki kelebihan relatif lebih mudah dibandingkan metoda lain.
2. Metoda Cascade memiliki kekurangan ketika *ladder diagram* dibuat akan menghasilkan lebih banyak relay.
3. Hasil pada plant “Dual Conveyor” memiliki tiga kemungkinan : Kemungkinan pertama part memiliki tinggi yang tidak sesuai, kemungkinan kedua part memiliki tinggi yang sesuai dan terbuat dari plastik, kemungkinan ketiga part memiliki tinggi yang sesuai dan terbuat dari metal.
4. Proses seleksi ukuran dan bahan part terjadi pada *Top Conveyor*, sedangkan proses perakitan part terjadi pada *Bottom Conveyor*.
5. Pada *Ladder Diagram* yang telah dibuat terdapat 18 relay dan 20 memori dimana memori tersebut terdiri atas 10 output PLC, 4 output tambahan dan 6 timer.
6. Pada *Ladder Diagram* yang telah dibuat terdapat 95 rung

5.2 Saran

Untuk selanjutnya mungkin plant dapat dilengkapi dengan alat pengukur lebar pada konveyor 1, sehingga proses seleksi ukuran tidak hanya tingginya saja.

--halaman ini sengaja dikosongkan--

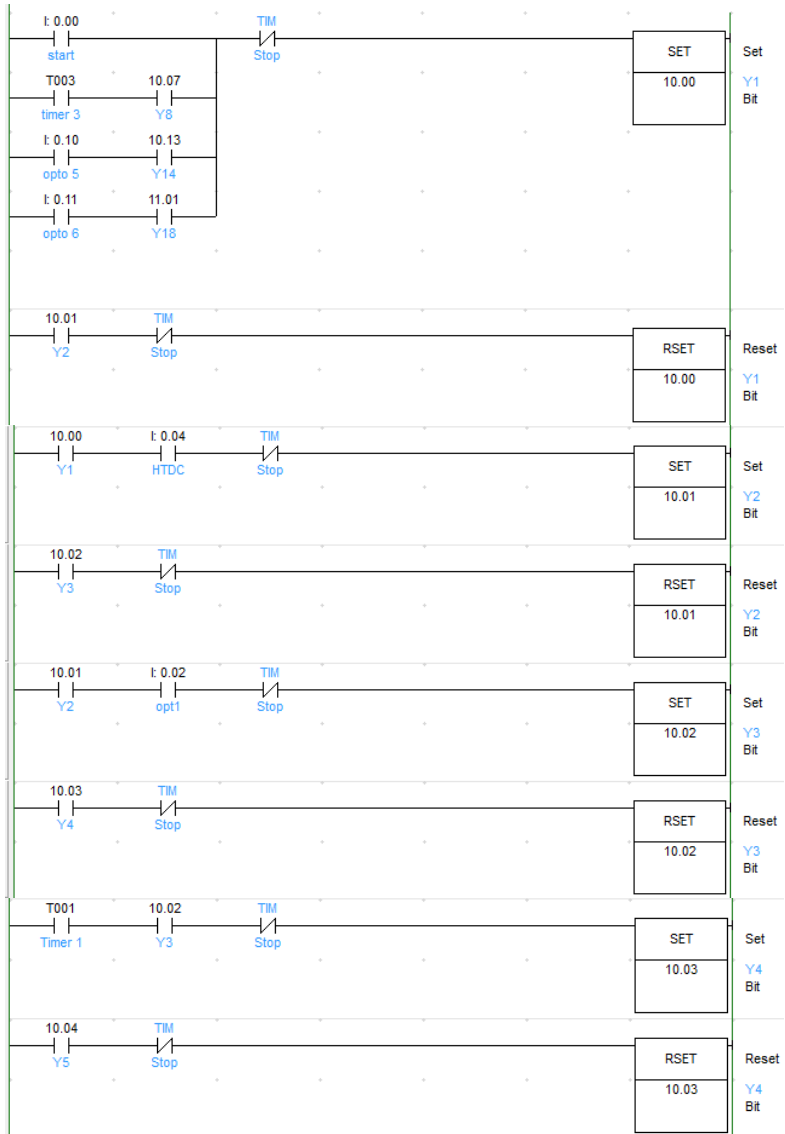
DAFTAR PUSTAKA

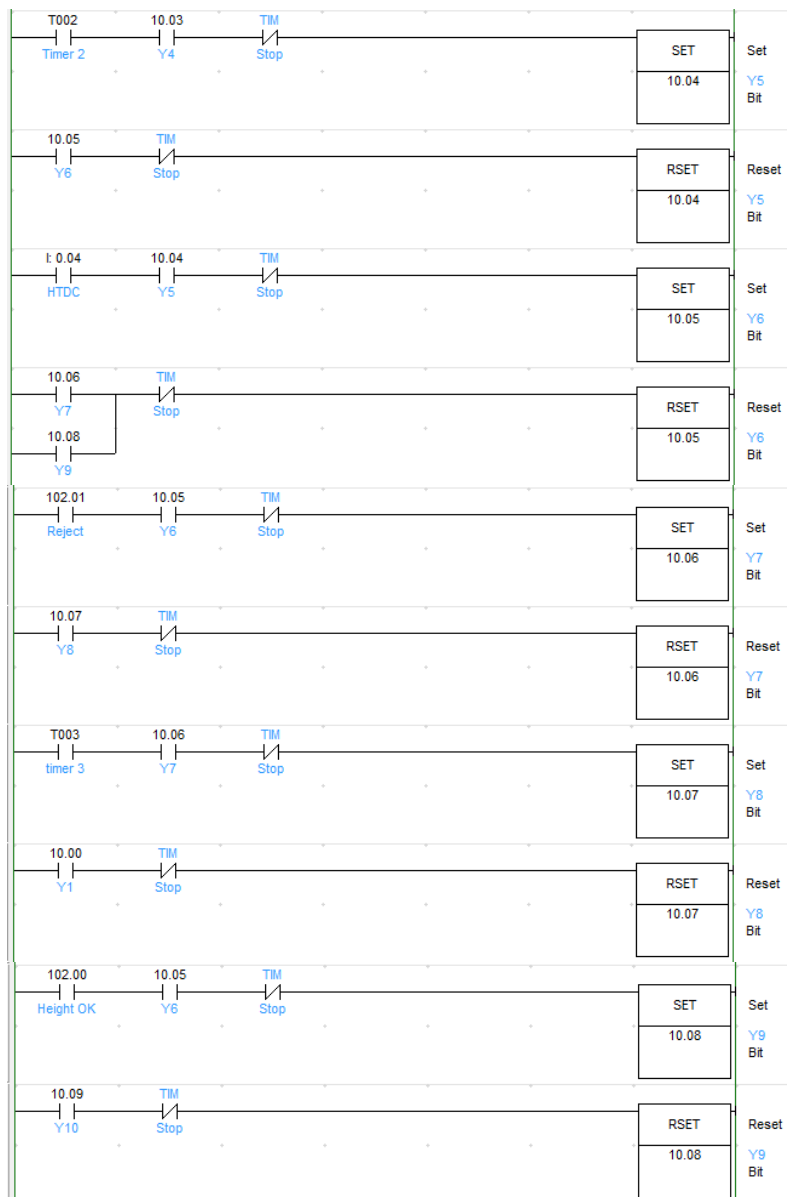
- [1] Pessen,D.W.”Industrial Automation:Circuit Design and Components”.John Willey & Sons Inc,New York,1989.
- [2] Chitra,S and Vijaya Raghavan.” Conveyor Control Using Programmable Logic Controller”. International Journal of Advancements in Research & Technology,Volume 3,2014.
- [3] Szkilnyk,G.”VISION-BASED FAULT DETECTION IN ASSEMBLY AUTOMATION”. Queen’s University,Ontario,2012.
- [4] Nadzor,Syaqyun.2011. Tugas Akhir: “Perancangan dan Implementasi Image-Based Visual Servoing pada Robot Kartesian 2 Derajat Kebebasan Berbasis PLC” .Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS.
- [5] Manual Plant “*Dual Conveyor*” Merk Feedback

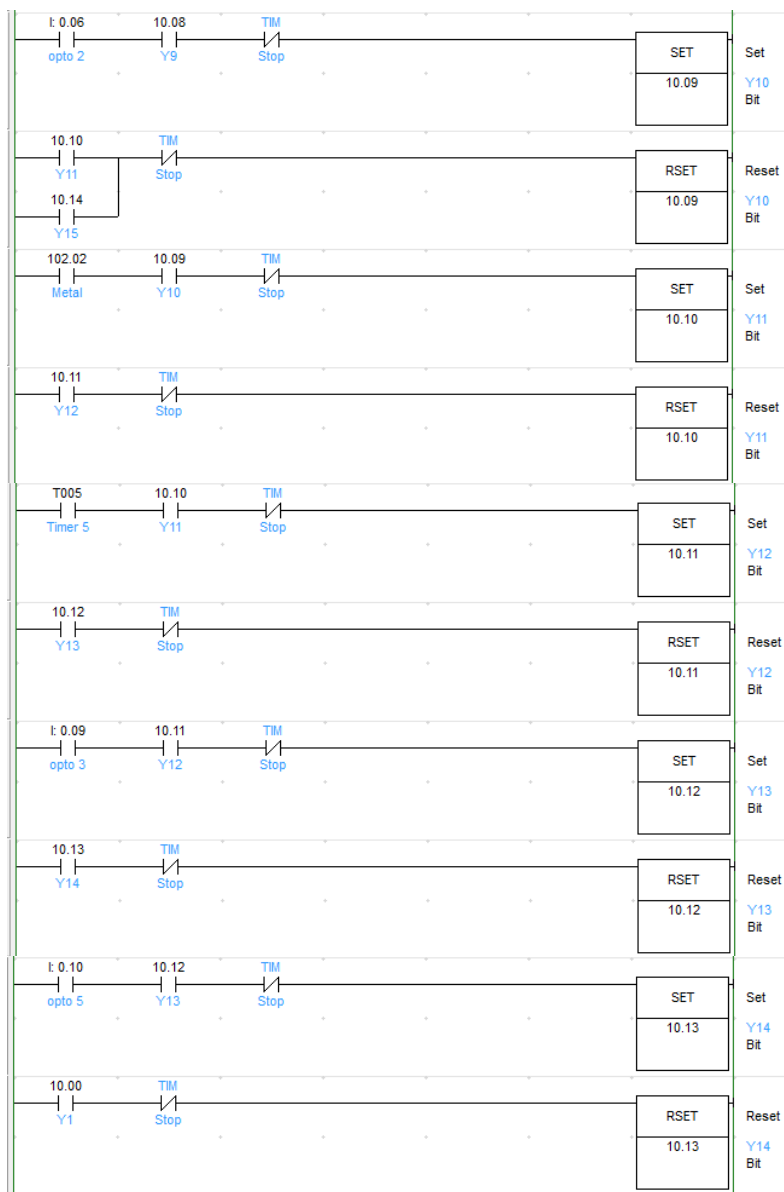
-Halaman ini sengaja dikosongkan-

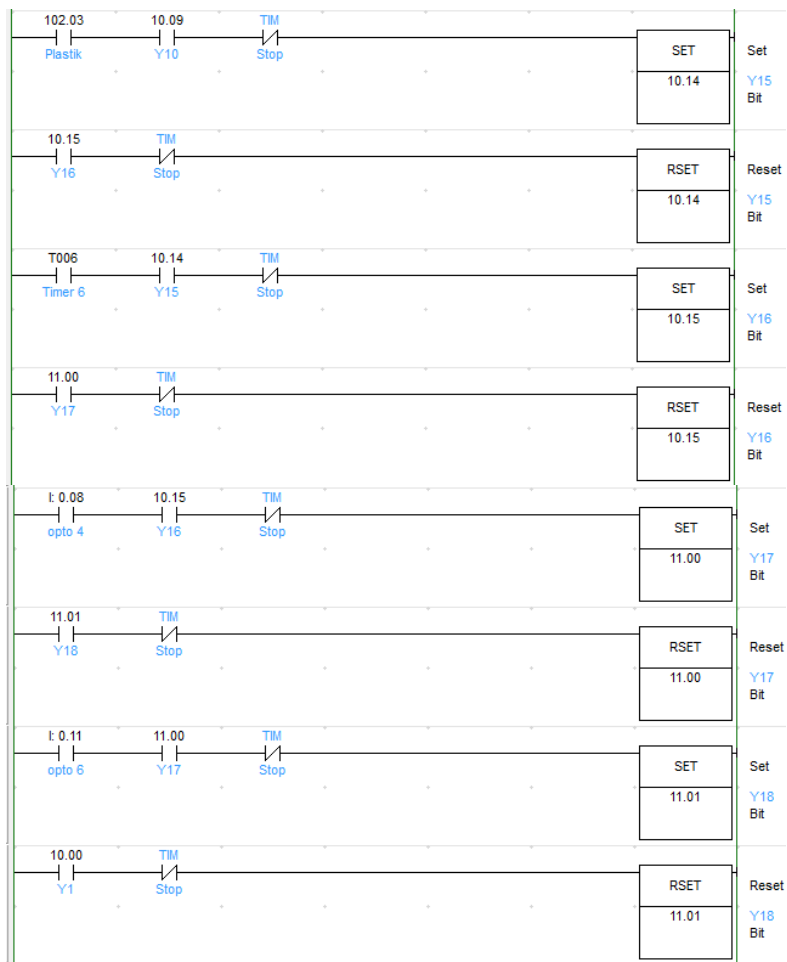
LAMPIRAN A

Ladder Diagram Relay



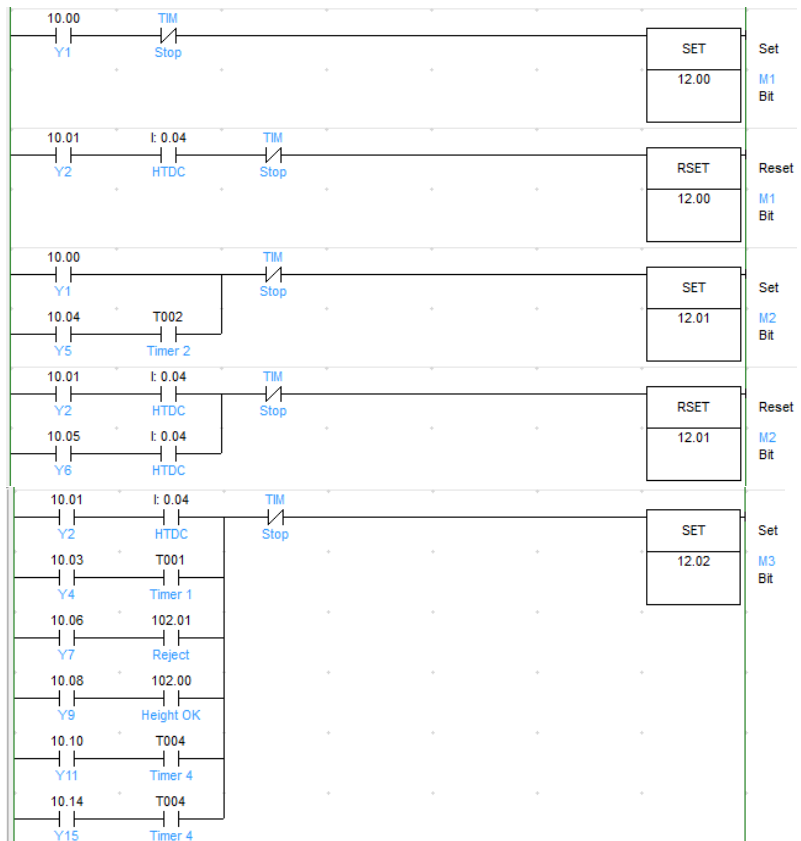


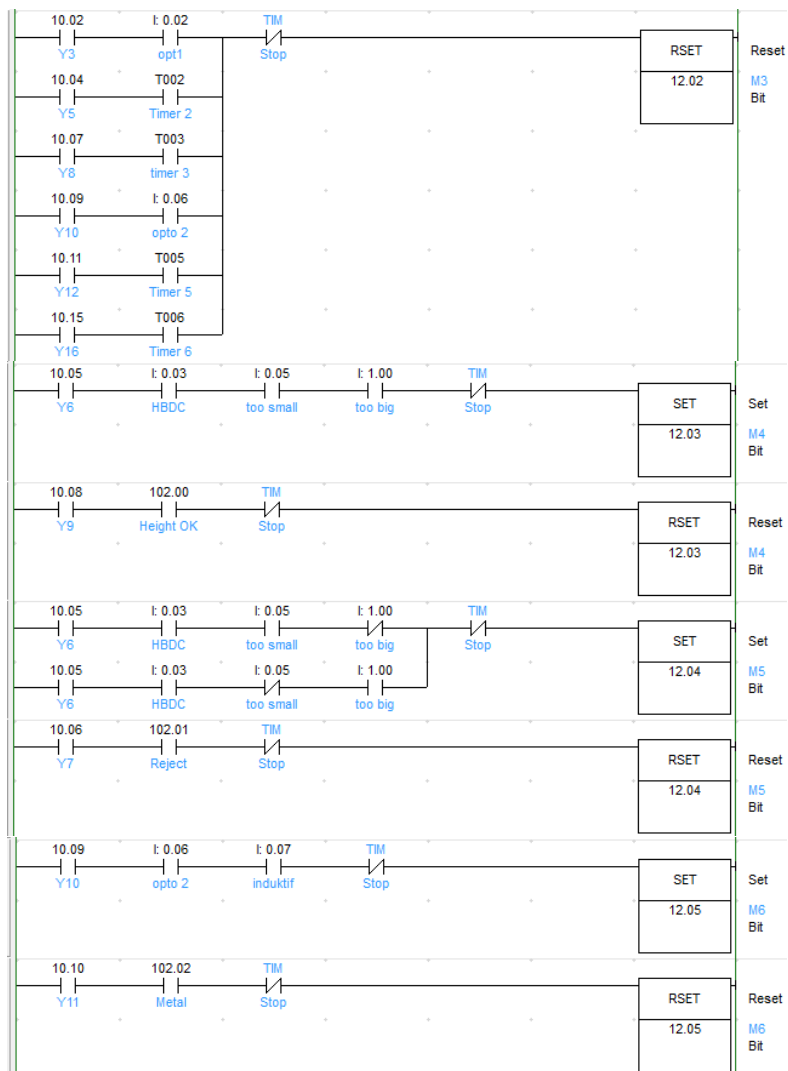


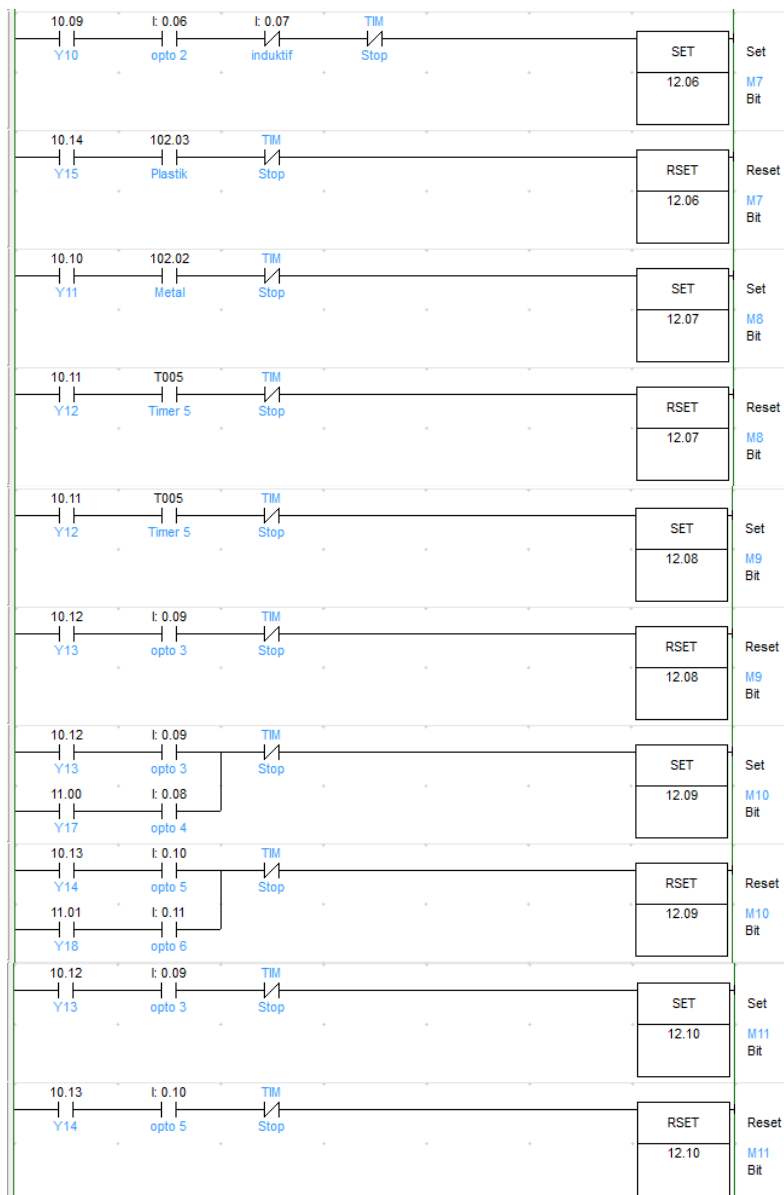


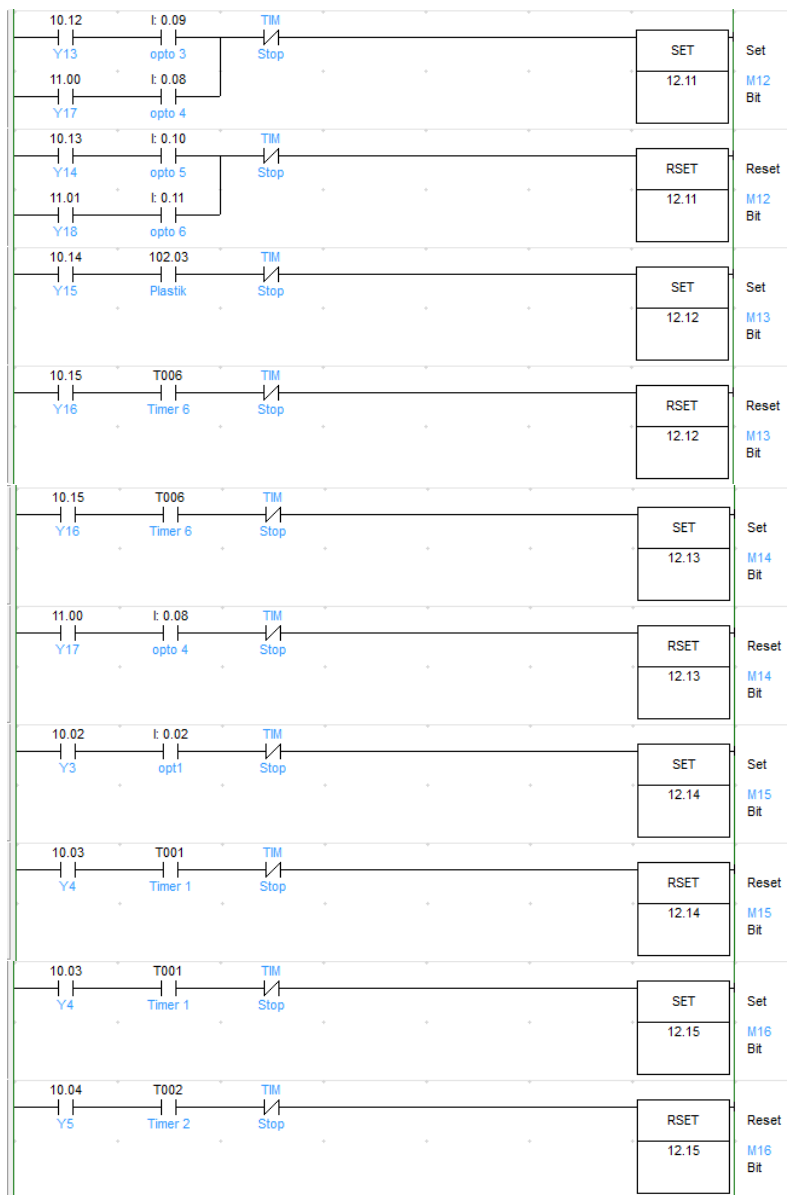
LAMPIRAN B

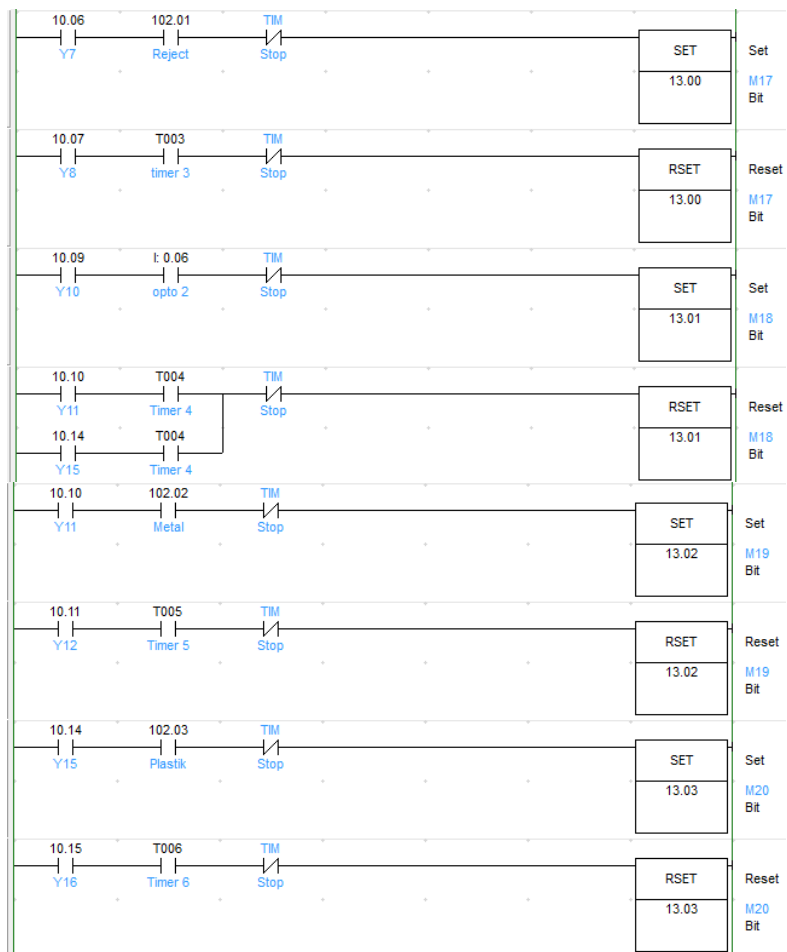
Ladder Diagram Memori







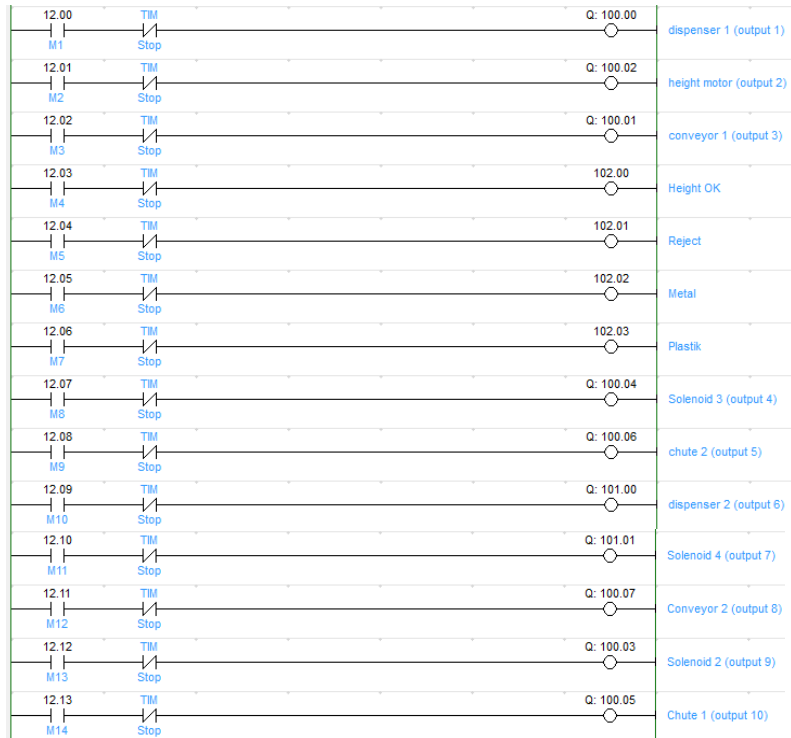




-Halaman ini sengaja dikosongkan-

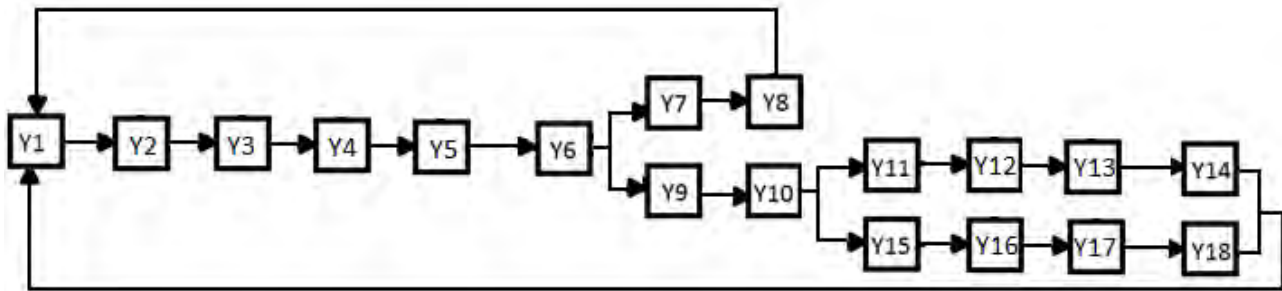
LAMPIRAN C

Ladder Diagram Memori to Output&Timer



12.14		<div>TIM</div> <div>001</div> <div>9</div>	100ms Timer (Timer) [BCD Type] Timer 1 Timer number 0.9 second Set value
12.15		<div>TIM</div> <div>002</div> <div>14</div>	100ms Timer (Timer) [BCD Type] Timer 2 Timer number 1.4 second Set value
13.00		<div>TIM</div> <div>003</div> <div>100</div>	100ms Timer (Timer) [BCD Type] Timer 3 Timer number 10 second Set value
13.01		<div>TIM</div> <div>004</div> <div>7</div>	100ms Timer (Timer) [BCD Type] Timer 4 Timer number 0.7 second Set value
13.02		<div>TIM</div> <div>005</div> <div>100</div>	100ms Timer (Timer) [BCD Type] Timer 5 Timer number 10 second Set value
13.03		<div>TIM</div> <div>006</div> <div>100</div>	100ms Timer (Timer) [BCD Type] Timer 6 Timer number 10 second Set value

LAMPIRAN D



Gambar 3.2 urutan kerja relay

RIWAYAT PENULIS



Rafly Adiyat, biasa dipanggil Rafly, lahir di Jakarta, 02 Agustus 1994. Merupakan anak pertama dari pasangan Roy Abimanyu dan Dewi Noorhayati. Lulus dari SD Alodia Bekasi pada tahun 2006, kemudian melanjutkan studi ke SMP-IT Al Binaa IBS dan lulus pada tahun 2009.

Kemudian melanjutkan ke SMA-IT Al Binaa IBS dan lulus pada tahun 2012. Setelah menempuh studi pada tingkat SMA, penulis melanjutkan ketingkat lebih lanjut, yaitu di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya jurusan Teknik Elektro pada tahun 2012 dan memutuskan untuk mengambil bidang studi Sistem Pengaturan.

--halaman ini sengaja dikosongkan--